

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>1. ПОНЯТИЕ, ЦЕЛИ И ОБЪЕКТЫ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА.....</b>	<b>7</b>
<b>2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФСА.....</b>	<b>11</b>
<b>3. ИСТОЧНИКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФСА.....</b>	<b>15</b>
<b>4. ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ ФСА.....</b>	<b>17</b>
<b>5. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЭТАП ПРОВЕДЕНИЯ ФСА (ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОБЪЕКТА).....</b>	<b>19</b>
5.1. Выявление и формулирование функций анализируемого объекта .....	19
5.2. Классификация функций.....	22
5.3. Построение функциональной модели объекта .....	28
5.4. Построение структурной модели объекта.....	29
5.5. Построение функционально-структурной модели объекта .....	31
5.6. Диаграмма функций объекта (диаграмма FAST) .....	33
5.7. Отработанная функциональная модель объекта – основа функционально-структурной модели объекта .....	36
5.8. Пошаговый алгоритм построения функционально-структурной модели объекта .....	39
5.9. Оценка значимости (важности) функций .....	44
5.9.1. Критерии значимости (важности) функций.....	44
5.9.2. Метод расстановки приоритетов.....	46
5.9.3. Метод попарного сравнения .....	50
5.9.4. Проверка согласованности мнений экспертов .....	54
5.10. Стоимостная оценка функций .....	61
5.11. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ ПО ФУНКЦИЯМ .....	64
5.12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО (ВНУТРЕННЕГО) ФСА.....	69

<b>6. ТВОРЧЕСКИЙ ЭТАП ФСА.....</b>	<b>75</b>
6.1. МЕТОД КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ .....	76
6.2. МЕТОД МОЗГОВОЙ АТАКИ .....	76
6.3. МЕТОД ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК «ДЕЛФИ» .....	79
<b>7. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЭТАП ФСА .....</b>	<b>83</b>
<b>8. КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ПО ФСА.....</b>	<b>88</b>
8.1. ТЕСТЫ ЕДИНИЧНОГО ВЫБОРА .....	88
8.2. ТЕСТЫ МНОЖЕСТВЕННОГО ВЫБОРА.....	89
8.3. ТЕСТ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВЫБОРА .....	90
8.4. ЗАДАЧИ.....	90
8.5. ТВОРЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ .....	98
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПОСТРОЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА (НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОПАЯЛЬНИКА БЫТОВОГО ЭПСН-40/220) .....</b>	<b>99</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРЯМЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗАТРАТЫ НА ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА .....</b>	<b>112</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЯ .....</b>	<b>116</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 4. СТОИМОСТНАЯ ОЦЕНКА ЗАТРАТ НА ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ .....</b>	<b>118</b>
<b>ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>123</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>128</b>
<b>ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ .....</b>	<b>130</b>

## Введение

Переход экономики страны к рыночным отношениям усиливает роль экономических методов и критериев управления бизнесом. Одним из эффективных методов описания, измерения, анализа и улучшения бизнеса, выявления и мобилизации резервов экономии материальных и трудовых ресурсов является метод функционально-стоимостного анализа (ФСА).

История метода уходит своими корнями в 40-е годы XX столетия. Тогда метод ФСА применялся для совершенствования технических изделий. Он получил различные наименования в различных странах: в США – «инженерно-стоимостный анализ»; в Германии – «анализ затрат на основе потребительной стоимости»; в России – «метод экономического анализа и поэлементной отработки конструкций». В 70 – 80-х годах XX столетия метод ФСА широко применялся в электротехнической промышленности бывшего Советского Союза для совершенствования продукции и технологических процессов. В тот же период в технически развитых западных странах произошло разделение метода на две области применения:

- в инженерной практике метод применялся для анализа и улучшения конструкции технических систем и получил название value-engineering analysis (VEA);

- в экономической практике управления производством метод применялся для учета и снижения затрат организационных и управленческих процессов и получил название Activity-Based Costing (ABC).

Область применения ФСА весьма широка, поскольку этот метод можно использовать в любой сфере человеческой деятельности, в которой требуется снизить какие-либо затраты. Анализироваться в ФСА может объект любой физической сущности, представленный системой: деталь, узел, техническая система, технологический процесс, организационная структура управления предприятием, вычислительная программа и т.д.

Отличительной особенностью ФСА является гармоничное сочетание в нем процедур как анализа, так и синтеза при оптимизации рассматриваемого

объекта, хотя первые и преобладают. Причем ФСА позволяет в качестве критериев оптимизации объекта использовать дополнительно к экономическому критерию (минимум затрат) технические критерии (например, максимум надежности работы объекта анализа).

Интерес к ФСА периодически то повышался, то снижался. Это объясняется, прежде всего, сложностями его практического проведения, в частности, отсутствием в соответствующих методических пособиях четкого описания пошаговых процедур выполнения основных этапов ФСА.

В данном пособии рассмотрены теоретические и методические основы этого метода, но акцент сделан на практические аспекты проведения ФСА.

Материал изложен по этапам ФСА и сопровождается примерами и контрольными вопросами. Для контроля знаний студентов приведены тесты единичного и множественного выбора, задачи, творческие задания.

В практике хозяйствования данное пособие может быть использовано научными сотрудниками, инженерами, экономистами при разработке или усовершенствовании различных технических, экономических, информационных объектов.

В учебном процессе пособие может быть использовано при изучении одноименного курса или темы в курсах «Экономический анализ», «Маркетинг», «Организация производства», а также при выполнении курсовых, дипломных, магистерских работ, в научно-исследовательской работе студентов.

Авторы пособия – преподаватели кафедры экономики и маркетинга Донецкого национального технического университета к.э.н., проф. Надтока Т.Б., старший преподаватель Виноградов А.Г.

Пособие посвящается 80-летию кафедры экономики и маркетинга.

Учитывая необходимость дальнейшего совершенствования ФСА и, соответственно, методики его применения, авторы будут благодарны за высказанные пожелания, замечания, предложения. Присылать их просим по адресу: 83000, г. Донецк, ул. Артема, 58, ДонНТУ, кафедра экономики и маркетинга, или по email: [alex@mega.donetsk.ua](mailto:alex@mega.donetsk.ua).

## 1. Понятие, цели и объекты функционально-стоимостного анализа

*Функционально-стоимостный анализ (ФСА) – это метод системного исследования объекта (изделия, системы, процесса, структуры), направленный на обеспечение наилучшего соотношения между потребительскими свойствами объекта и затратами на их проявление на всех стадиях жизненного цикла объекта.*

ФСА базируется на предположении о том, что в каждом объекте, подлежащем анализу, сосредоточены как необходимые в соответствии с существующим уровнем производства, так и излишние затраты.

ФСА позволяет абстрагироваться от предметной формы объекта и рассматривать объект как совокупность функций, необходимых потребителю.

ФСА применим на всех стадиях *жизненного цикла объекта*. Он позволяет минимизировать затраты в сфере проектирования (разработки), производства (изготовления), эксплуатации (применения) и утилизации (ликвидации) объекта при сохранении (повышении) его качества и полезности.

*Целью ФСА* является:

1) *на стадии проектирования* – предотвращение появления неэффективных решений, предупреждение возникновения излишних затрат при соблюдении всех параметров, обеспечивающих реализацию назначения объекта (нахождение оптимального варианта конструкции и организационно-экономических решений, обеспечивающих выполнение объектом функций с минимальными затратами);

2) *на стадии производства*, в том числе для объектов ранее освоенных – снижение неоправданных издержек путем ликвидации бесполезных (ненужных) функций и реализующих их элементов, удорожающих объект (повышение потребительских свойств объекта, нахождение более экономичных способов осуществления требуемых функций);

3) *на стадии эксплуатации* – снижение эксплуатационных издержек, предотвращение возникновения излишних затрат, связанных с поддержанием объекта в работоспособном состоянии.

4) *на стадии утилизации* – снижение ликвидационных издержек, предупреждение возникновения дополнительных затрат при выведении объекта из эксплуатации.

Эффект от ФСА тем больший, чем на более ранней стадии жизненного цикла объекта приступают к его проведению. Особое влияние на формирование всех дальнейших затрат оказывает стадия проектирования (разработки) объекта. Практика показала, что чем больше усилий затрачено разработчиками на этой стадии, тем лучшее соотношение между показателями эффективности объекта и затратами достигается на дальнейших стадиях, тем меньше будут производственные, эксплуатационные и ликвидационные издержки.

#### ***Основоположники ФСА:***

- ***Л. Майлс*** – инженер компании «Дженерал электрик» (1947 г.). Анализировал способы замены металла на другие материалы. Заметил, что потребительские свойства от замены металла на пластмассу не ухудшились. Поэтому им были предложены функциональный подход в анализе изделия и разработка альтернативных способов реализации функций;

- ***Ю.М. Соболев*** – инженер Пермского телефонного завода. Исследовал наиболее экономичные способы изготовления изделия преимущественно в рамках существующего конструктивного решения.

Поэтому первоначально ФСА занял особое место именно в конструкторской подготовке производства технических изделий. Позже метод был распространен и на другие сферы – проектирование и эксплуатацию изделий, исследование организационных и управленческих структур, экономических процессов и систем.

В ФСА основным критерием оптимизации параметров и других характеристик объекта является *наилучшее соотношение потребительских свойств и затрат на их достижение*.

Поясним это положение на примере производства промышленной продукции, призванной выполнять заданные для неё функции. Метод ФСА основан на том, что затраты на изготовление любой промышленной продукции кроме минимальных затрат, абсолютно необходимых для изготовления этой продукции, содержат и «дополнительные», или «излишние» затраты, которые не имеют прямого отношения к назначению продукции и обусловлены несовершенством конструкции и технологии, неэффективными методами её изготовления, неправильным выбором материалов и т.п. Излишние затраты обычно связаны с повышенной, *не требующейся потребителю функциональностью* изделия, либо с недостаточно экономичной конструктивно-технологической или организационной реализацией производства.

Опыт показывает, что наиболее характерные ***причины излишних затрат*** (наделение объекта ненужными функциями) следующие:

- необоснованное завышение технических и иных параметров и характеристик;
- чрезмерная поспешность при конструировании, приводящая к неполному анализу всех возможных вариантов и к низкому качеству проектирования;
- отсутствие или недостаток информации;
- несогласованность в работе отдельных групп конструкторов, технологов;
- инерция мышления, непродуманное повторение привычных технических решений, недостаток новых идей;
- фиксирование внимания на первом приемлемом варианте решения и др.

**Объектом ФСА** может быть любой материальный и нематериальный объект, например:

- техническая система или её отдельная часть (подсистема, сборочная единица, изделие, узел, деталь);
- любой материальный продукт труда производственно-технического и потребительского назначения (оборудование, технологическая линия, бытовая техника, потребительские товары);
- производственный процесс;
- технологический процесс;
- программный продукт;
- услуга;
- производственная структура предприятия;
- организационная структура управления цехом, предприятием и др.

### **Контрольные вопросы к главе 1**

1. В чем заключается полезность и необходимость проведения ФСА?
2. Назовите области применения ФСА и дайте им краткую характеристику.
3. Какова роль ФСА в диагностике и регулировании затрат?
4. Почему рассматриваемый метод инженерной деятельности назван ... анализом?
5. Чем различаются подходы родоначальников метода ФСА?
6. Понятие и классификация целей проведения ФСА объектов на предприятии.
7. Какие затраты по объекту могут оптимизироваться в результате проведения ФСА?
8. Раскройте смысл понятия «излишние затраты», приведите примеры из практики.
9. Каковы причины появления излишних затрат?
10. Понятие объекта в ФСА, классификация объектов ФСА.
11. Сущность основного критерия оптимизации объектов в ФСА.



## 2. Основные принципы ФСА

Функционально-стоимостный анализ базируется на ряде методологических положений, именуемых *принципами ФСА*, среди которых основными являются следующие.

### 1. Функциональный подход

При анализе различных вариантов решений (технических, проектных, организационных, структурных) возможны два подхода: *предметный* и *функциональный*.

При *предметном подходе* решается задача усовершенствования конкретного объекта в рамках уже принятого конструктивного (проектного, организационного, структурного) решения.

При *функциональном подходе* выполняется описание объекта на основе совокупности характеризующих его потребительских свойств, т.е. на языке выполняемых им функций, а задача состоит в поиске альтернативных способов их выполнения. Функции выступают как *сущность объекта*, а конструкция, организация, структура, технологический процесс и т.д. как *формы проявления функций*.

Функциональный подход состоит в том, что объект рассматривается с позиции той полезности (функциональности), которой он обладает или должен обладать (с позиции назначения объекта и его потребительских свойств, возможности удовлетворять потребности покупателя). Поэтому всё исследование объекта ведется относительно его функций и функций его элементов, рассматриваемых в плане их значимости (важности), форм проявления, формирования и величины затрат на их проявление (осуществление) с целью наиболее полного удовлетворения заданных требований, обеспечения эффективных путей их реализации.

При *функциональном подходе* прежде всего рассматривается состав необходимых при эксплуатации объекта функций, задач, целей. Только после

этого выявляются возможные способы конструктивной, технологической или организационной реализации элементов объекта. Это позволяет либо *выявить в анализируемом объекте не несущие функциональной нагрузки элементы, либо совместить в одном элементе выполнение различных функций*, решение нескольких задач, достижение нескольких целей.

При функциональном подходе, четко определив функции анализируемого объекта, их количественные характеристики, специалист по-другому формулирует задачу, а именно:

- *Необходимы ли эти функции?*
- *Если да, то необходимы ли предусмотренные их количественные характеристики?*
- *Каким более экономичным путем можно достичь выполнения функций?*

Функциональный подход позволяет проводить экономический анализ конструкции, технологии, любого объекта *с точки зрения интересов потребителя*. Ведь потребителя, в конечном счете, интересуют ***не предметы, вещи, изделия и услуги*** как таковые, а те ***действия, свойства, тот полезный эффект, которыми они способны удовлетворить соответствующие потребности***. Например, холодильник интересен потребителю прежде всего своей способностью сохранять продукты длительное время.

Функциональный подход является определяющим принципом ФСА. Он означает, что исследуемый объект анализируется, прежде всего, ***не с позиции своих природных свойств*** (например, стол изготовлен из дерева, твердого материала, дуба), а с позиции своей способности удовлетворять определенную потребность (с позиции своих потребительских свойств, своей полезности), ***с позиции выполняемых им функций*** (стол предназначен для обеспечения удобства человека писать сидя). Или, например, аудиторный светильник рассматривается, прежде всего, ***с позиции его назначения*** – способности освещать учебную аудиторию.

## **2. Системный подход**

Системный подход означает рассмотрение объекта и как элемента системы более высокого порядка (уровня), что дает возможность рассмотреть взаимоотношения анализируемого объекта с внешней средой, и как системы, состоящей из взаимосвязанных элементов.

## **3. Стоимостная оценка функций**

Стоимостная оценка функций означает оценку затрат, обеспечивающих осуществление (проявление) каждой функции.

**4. Соответствие полезности и важности функций** (потребительной стоимости объекта) **затратам на их осуществление (проявление).**

Этот принцип заключается в том, что каждая функция исследуется в зависимости от её значимости (важности) по отношению к конечному результату.

## **5. Коллективное творчество**

Принцип коллективного творчества и активизации творческого мышления при поиске и формировании решений, качественной и количественной оценке вариантов решений, или *принцип коллективного труда*, предполагает:

- участие различного рода специалистов в выработке решений по ФСА (например, при оценке функций объекта, разработке альтернативных технических решений по оптимизируемым функциям);
- применение различных методов активизации творческого мышления, таких как «метод мозговой атаки», «метод контрольных вопросов» и др.

## **6. Обязательная последовательность действий**

Этот принцип придает ФСА плановый характер и позволяет органично вписать его в производственно-хозяйственную деятельность предприятий и организаций. При проведении ФСА все действия необходимо выполнять в строгой последовательности. Нельзя выбрасывать какие-либо действия или менять их местами. Несоблюдение этого принципа может привести к неверным результатам.

### **Контрольные вопросы к главе 2**

1. В чем смысл принципов ФСА и почему важно их соблюдать?
2. Назовите принципы ФСА. Какой принцип является основополагающим?
3. В чем состоит различие предметного и функционального подходов при анализе вариантов решений?
4. Поясните сущность принципа ФСА «функциональный подход» и проиллюстрируйте примером.
5. Поясните сущность принципа «системный подход» на примере технического, технологического, организационного и экономического объектов.
6. Является ли в ФСА стоимостная оценка функций обязательной? Свою позицию обоснуйте.
7. Приведите пример объекта ФСА и применительно к нему поясните сущность принципов ФСА «функциональный подход», «системный подход», «стоимостная оценка функций», «соответствие полезности и важности функций затратам на их осуществление (проявление)».
8. Почему при проведении ФСА все действия необходимо выполнять в строгой последовательности?
9. Почему проведение ФСА требует коллективного творчества?

### 3. Источники экономической эффективности ФСА

Среди источников экономической эффективности ФСА выделим следующие.

1. Снижение себестоимости анализируемого объекта у изготовителя за счет приближения себестоимости к величине *функционально необходимых затрат* (см. п.5.10), снижения *параметрической* и *функциональной избыточности* (функциональная избыточность возникает при наделении объекта ненужными функциями; параметрическая избыточность обусловлена необоснованным завышением технических и иных параметров объекта).

2. Снижение капитальных вложений и текущих затрат у изготовителя объекта за счет обеспечения *технологичности конструкции* (см. Приложение 3) – в конструкции применяется меньше оригинальных деталей, больше простых деталей и узлов, требуется меньшая точность при обработке деталей и сборке, упрощается технология, уменьшаются затраты на технологическую оснастку, повышается эффективность использования оборудования.

3. Снижение капитальных вложений и эксплуатационных расходов у потребителя (например, снижение расходов по текущему обслуживанию и ремонтам за счет обеспечения ряда второстепенных свойств объекта, таких как модульность конструкции и ремонтпригодность; снижение платы за потребляемую электроэнергию как результат обеспечения экономичности и высокого коэффициента полезного действия и др.).

4. Иногда увеличение объемов выпуска продукции за счет улучшения технических и иных характеристик объекта.

5. Повышение дохода у изготовителя за счет улучшения качества объекта и соответственно его цены.

В общем случае оценка экономической эффективности ФСА осуществляется по типовым методикам оценки экономической эффективности капитальных вложений (инвестиций). В практике экономической оценки инвестиционных проектов наибольшее распространение получили динамические методы (методы дисконтирования): *метод чистой текущей*

*стоимости, метод рентабельности* и др. Общая черта этих методов – все они строятся на основе дисконтирования потока доходов и расходов. Наиболее существенными расходами при оценке экономической эффективности ФСА являются инвестиционные расходы, идущие на проведение ФСА, в том числе:

- на получение и систематизацию исходных данных на информационном этапе ФСА;
- на оплату труда участников рабочей группы ФСА;
- на оплату труда экспертов, выполняющих отдельные процедуры ФСА;
- на аренду помещений и создание благоприятных условий при реализации различных форм коллективного творческого труда и др.

Вместе с тем, при рассмотрении вопроса об эффективности ФСА получили распространение и более простые методы оценки эффективности, например, *метод целевых издержек*, основанный на сопоставлении предварительно намеченных (целевых) издержек с фактическими издержками. Разница между целевыми и фактическими издержками характеризует эффективность ФСА.

### **Контрольные вопросы к главе 3**

1. Назовите критерии эффективности ФСА.
2. Как Вы понимаете параметрическую и функциональную избыточность? Приведите примеры каждой из них.
3. Как оценить экономические результаты внедрения рекомендаций ФСА?
4. С какой целью выполняется отработка конструкции изделия на технологичность?
5. Увеличение технологической себестоимости изделия целесообразно? В каких расчетах используется этот показатель?
6. Назовите возможные экономические результаты проведения ФСА таких объектов, как:
  - электродвигатель большой мощности;
  - отдел сбыта предприятия;
  - технологический процесс пошива одежды.

## 4. Этапы проведения ФСА

ФСА проводят в несколько последовательных этапов, перечень и краткое содержание которых представлены в табл.4.1. В последующих разделах пособия рассмотрены наиболее сложные из них.

Таблица 4.1 – Этапы проведения ФСА

<i>Номер этапа</i>	<i>Название этапа</i>	<i>Содержание этапа</i>
1	<b><i>Подготовительный</i></b>	Выбор объекта для анализа, определение конкретных целей и задач проведения ФСА, организационная подготовка к анализу (формирование рабочей группы по ФСА, составление плана работы по ФСА)
2	<b><i>Информационный</i></b>	Сбор, систематизация и изучение информации об объекте анализа и его аналогах. Прогнозная оценка эффективности ФСА
3	<b><i>Аналитический (функциональный анализ)</i></b>	Определение функций объекта, их оценка с позиций области проявления, назначения объекта, полезности, стоимости. Выявление функций, требующих оптимизации, определение функций и объектов для дальнейшего (внутреннего) ФСА
4	<b><i>Творческий</i></b>	Разработка вариантов реализации оптимизируемых функций
5	<b><i>Исследовательский</i></b>	Оценка предложенных вариантов и выбор наилучшего с позиции принятого критерия
6	<b><i>Рекомендательный</i></b>	Подготовка рекомендаций и предложений к внедрению, оценка экономической эффективности ФСА
7	<b><i>Внедрение</i></b>	Реализация принятых решений на практике

Следует пояснить и подчеркнуть важность работ подготовительного этапа. Выбор объекта анализа, целей и задач ФСА должны вытекать из актуальных задач предприятия, для которого ФСА проводится. И не всегда цели ФСА носят экономический характер. Например, для финансово преуспевающего предприятия, специализирующегося на производстве какого-либо оборудования, исходя из стратегической цели предприятия – занять лидирующее положение по качеству конкретного оборудования – целью ФСА может быть максимизация важнейшего свойства оборудования – его надежности.

Кроме того, на подготовительном этапе должны быть уточнены виды затрат, которые подлежат оптимизации, а именно: затраты какого (каких) этапа

(этапов) жизненного цикла объекта будут оптимизироваться (см. главу 1 пособия).

#### **Контрольные вопросы к главе 4**

1. Назовите основные этапы ФСА в порядке их выполнения.
2. Конкретизируйте основные этапы ФСА применительно к следующим объектам анализа:
  - бытовая автоматическая стиральная машина;
  - технологический процесс пошива одежды;
  - производственная структура предприятия.
3. На каком этапе ФСА осуществляется выявление функций, требующих оптимизации, а также определение функций и объектов для дальнейшего (внутреннего) анализа?
4. На каких этапах ФСА и с какой целью выполняется стоимостная оценка функций?
5. В чем заключается организационная подготовка к проведению ФСА?
6. Какой из этапов ФСА по вашему мнению является наиболее важным? Свою позицию обоснуйте.
7. Объясните различие между творческим и рекомендательным этапами ФСА.
8. Предприятие терпит убытки. Предложите цель ФСА для одного из видов продукции, выпускаемых на этом предприятии, и назовите вид (виды) рекомендуемых к оптимизации затрат.
9. Успешный оператор мобильной связи предлагает новую услугу. При проведении её ФСА предложите цель и виды оптимизируемых затрат.
10. Электротехническое предприятие приняло решение усовершенствовать электрическую машину, которая характеризуется большой потребляемой мощностью. Назовите возможную цель ФСА и определите виды затрат для оптимизации.



## 5. Аналитический этап проведения ФСА (функциональный анализ объекта)

Под *функциональным анализом* понимается определение, описание, классификация и оценка функций анализируемого объекта. Именно на этом этапе реализуется один из основных принципов ФСА – функциональный подход: *абстрагирование от конкретной реализации (конструкции)* анализируемого объекта путем определения выполняемых анализируемым объектом функций.

Рассмотрим содержание работ, осуществляемых при функциональном анализе.

### 5.1. Выявление и формулирование функций анализируемого объекта

Каждый объект характеризуется определенными *потребительскими свойствами*.

*Потребительское свойство* (сторона полезности) – это составляющая *потребительской стоимости* объекта (его способности удовлетворять определенные потребности).

Совокупность *полезных* свойств объекта определяет его *потребительскую стоимость*. Только на эти полезные свойства обращается внимание потребителя. К *прочим* обычно относятся свойства объекта, не требующиеся конкретному потребителю *в рассматриваемых условиях*.

Центральное понятие ФСА – *понятие функции* как внешнего проявления свойств объекта в рассматриваемой системе отношений – в определенной, конкретной, предполагаемой или сложившейся обстановке.

*Функция* – это *сущностная, качественная сторона потребительского свойства объекта*.

**Функция – это проявление свойства объекта в определенных условиях.**

**Функция отвечает на вопрос: «Что должен делать объект и его составные части и (или) как себя проявлять в определенных условиях?».**

**Выявить функцию** означает определить действия, которые совершает анализируемый объект или его составные части, их роль и место; обнаружить прямой или косвенный результат этих действий, направленных на достижение заранее поставленных целей.

### **Правила формулирования (логического описания) функций**

1. Функция должна формулироваться *крайне лаконично* (т.е. кратко и четко), по возможности двумя словами – глаголом и существительным. Глагол определяет *действие*, а существительное – *объект этого действия*.

Формула функции:

[Глагол]+[Существительное]+[(пояснения, уточнения, дополнения)]

Если функция не описывается в максимально лаконичной форме, значит, либо недостаточно информации о проблеме, либо функция рассматривается в неоправданно широком аспекте.

Примеры формулировок отдельных функций различных объектов анализа представлены в табл.5.1.

**Таблица 5.1 – Примеры формулировок отдельных функций различных объектов**

<b>Объект анализа</b>	<b>Функция объекта анализа</b>
Демпфер, Амортизатор	Гасить вибрацию
Сварка, Клепка, Пайка, Склейка	Соединять элементы (неразъемно)
Прожектор, Фонарь, Фара	Освещать объекты (удаленные)
Двигатель, Мотор	Осуществлять привод (механизмов)
Мобильная связь, Стационарная связь	Соединять абонентов
Настольная лампа, Фонарь	Иметь вид (эстетичный)

2. Желательно, чтобы объекты действий в формулировках функций были *измеряемыми*, благодаря чему функции можно описывать с помощью технических и иных параметров.

Поэтому при формулировании функций следует использовать существительные, которыми обозначают понятия, *имеющие физическую или иную размерность*.

3. Формула функции может дополняться *количественной составляющей* (технико-экономическими, физическими, химическими и иными характеристиками, входными параметрами, диаграммами, математическими выражениями и уравнениями).

Потребительские свойства могут характеризоваться не только качественно, но и *количественно*, в виде *параметров использования*. Соответственно формулировка функции должна быть дополнена определенными **параметрами использования**, характеризующими данную функцию, т.е. *количественной составляющей*. Количественная оценка функций возможна с помощью одной или нескольких тесно связанных эксплуатационных характеристик: техническими характеристиками, входными параметрами, формулами и т.д. Например, функция двигателя – «Осуществлять привод (механизмов)» может быть дополнена параметром использования «Мощность 5,5 кВт».

Количественное определение функций позволяет сопоставлять одинаковые в качественном отношении потребительские свойства и их совокупность – потребительские стоимости.

4. Не следует формулировать функции *в слишком общем виде*. Например, для электролампы – *излучать свет*, т.к. функции освещения подразделяются на нормальное освещение, освещение удаленных объектов, подсветку, сигнализацию, использование света как носителя теплоты и т.д.

В тоже время нельзя формулировать функции *чрезмерно конкретно*, привязывая её к какому-либо конкретно существующему варианту, т.к. это приводит к сужению поля поиска, резко ограничивает возможности выбора оптимальных вариантов решений. Например, *сверлить отверстия* – эта функция подразумевает сверло, хотя отверстие можно получить и другими способами (пробить, прожечь, проткнуть, выдолбить, вырезать и т.д.). Поэтому

существенным моментом при формулировании функций является *абстрагирование* от конструктивно-технологической реализации. Функций значительно меньше, чем изделий, структур и процессов, их реализующих. Поэтому формулировка функции должна быть *абстрактной* и *не указывать на существующее конструктивно-технологическое решение*.

У разработчиков и специалистов ФСА *технологических процессов* нередко возникают трудности в определении и формулировании функций. Применительно к технологическим процессам *под функцией следует понимать действие, направленное на преобразование предметов труда в соответствии с требованиями технологического процесса*.

Таким образом, *определение (логическое описание) функций* включает:

- выявление функций;
- словесное формулирование функций в соответствии с правилами;
- установление параметров использования функций.

## **5.2. Классификация функций**

*Классификация функций* – это группировка функций по определенным признакам.

**По отношению к внешней среде (по области проявления)** функции делят на *внешние* и *внутренние*.

*Внешние (общеобъектные) функции* выполняются объектом анализа в целом и отражают функциональные отношения между объектом анализа и сферой его применения (внешней средой).

Внешние функции отражают связь *объекта анализа в целом* со сферой его применения, т.е. с системой, элементом которой он является.

Внешние функции отражают условия эксплуатации (применения) объекта.

Например, внешние функции контрольно-измерительного прибора:

- контролировать параметры;
- сигнализировать о превышении контролируруемыми параметрами нормы;
- обеспечивать безопасность в эксплуатации.

**Внутренние (внутриобъектные) функции** определяются основными конструктивными, структурными, организационными решениями, заложенными в анализируемом объекте, принципом его действия.

Они предназначены для реализации внешних функций, но зависят от конструктивного решения.

Таким образом:

- внешние функции отражают условия эксплуатации объекта анализа;
- внутренние функции отражают конструктивно-технологические связи внутри объекта анализа.

В свою очередь **внешние функции по степени удовлетворения заданной потребности** подразделяют на *главные* и *второстепенные*.

**Главные** – функции назначения, главная цель существования объекта в целом.

**Второстепенные** (обогащающие, конъюнктурные) функции отражают побочные действия объекта, его дополнительные свойства.

Второстепенные функции принципиально **не влияют на работоспособность** объекта и отражают либо **ограничения**, которые необходимо соблюсти при выполнении объектом его главной (главных) функции, либо дополнительные удобства и преимущества. Это:

- функции, обеспечивающие возможность и удобство пользования (эстетические, эргономические, экологические функции);

- функции, направленные на расширение рынка сбыта и объемов продаж (например, свеча в форме снегурочки; яркая, красочная упаковка; модный дизайн; лидерство по надежности работы и т.п.).

**Внутренние функции в зависимости от их роли в достижении заданных параметров объекта** могут быть *основными* и *вспомогательными*.

*Основные* функции обеспечивают работоспособность объекта в соответствии с его назначением (реализуют принцип действия данного объекта, создают необходимые условия для осуществления главной функции). Изъятие любой из них качественно преобразует объект.

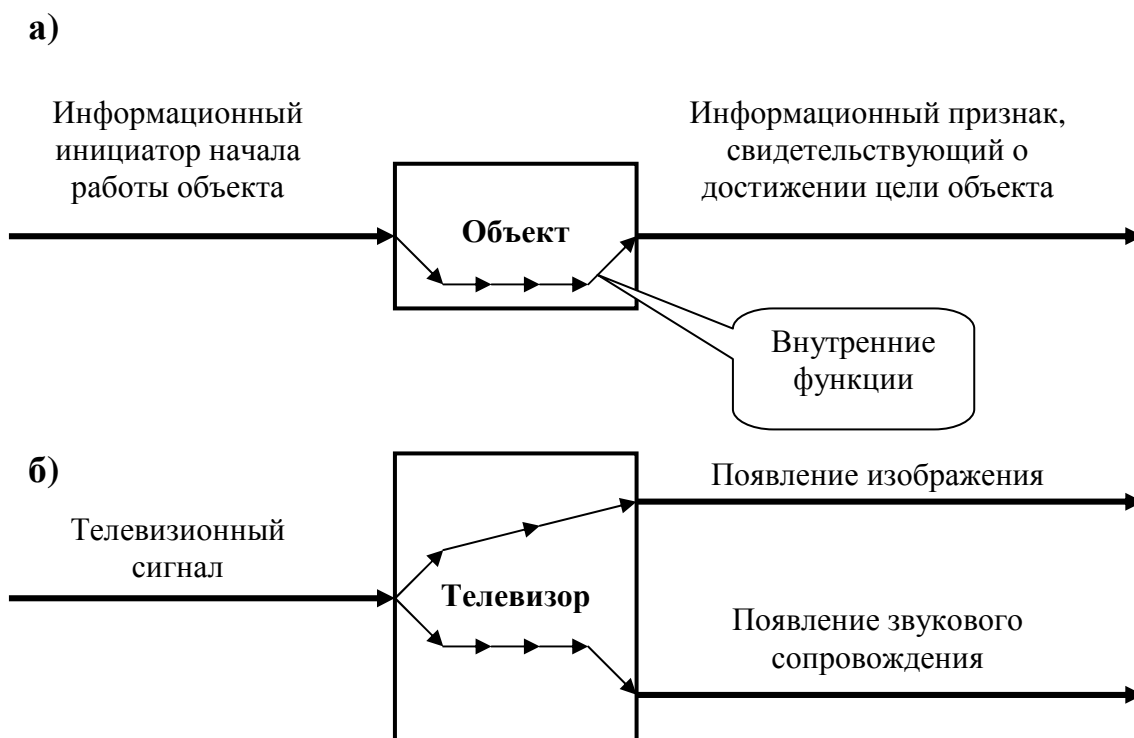
*Вспомогательные* функции либо способствуют реализации основных функций (помогают основным), либо реализуют второстепенные функции. Состав вспомогательных функций и их количество зависят от конкретного технического исполнения.

Внутренние функции отражают последовательность *информационных преобразований*, происходящих в объекте в соответствии с принципом его построения, т.е. преобразования информации от информационного «входа» объекта к информационному «выходу» объекта (рис.5.1). При этом основные функции определяют принцип действия объекта и включают функции ввода энергии, ввода информации, их преобразования и вывода, а к вспомогательным относятся функции соединения, изолирования, крепления, фиксации и др.

Разделение внутренних функций на основные и вспомогательные производится по следующим правилам:

- если главная функция принципиально не может быть осуществлена без какой-либо внутренней функции, то эта внутренняя функция – основная;

- если внутренняя функция не реализует прямое назначение объекта, а только помогает в этом основным, то эта внутренняя функция – вспомогательная.



**Рис.5.1. Информационная модель объекта «вход-выход»:**  
 а – для любого объекта;  
 б – упрощенная для телевизора

Напомним, что под *главной функцией* понимается назначение объекта, а также его способность к конкретным действиям, для осуществления которых предназначен объект. *Основные функции* непосредственно связаны с назначением объекта и являются результатом тех конструкторских решений, которые были приняты для реализации главных функций. *Вспомогательные функции* способствуют осуществлению основных функций либо обеспечивают реализацию второстепенных. Важно понимать, что *способов реализации одной и той же внешней функции через внутренние функции много*.

Пример классификации функций *блока питания электроустройств* на главные, второстепенные, основные и вспомогательные представлен в табл.5.2.

Таблица 5.2 – Пример классификации функций блока питания электроустройств

Классификационная группа функций	Функции блока питания
Главная	Обеспечить энергопитание $U_{вх} = 220 В (\pm 10\%), 50 Гц$ $U_{вых} = 5 В (\pm 10\%)$ Мощность 60 Вт
Второстепенные	Индицировать состояние (рабочее); Защитить от перегрузки (токовой); ...
Основные	Ввести напряжение (сети); Понизить напряжение (переменное); Преобразовать напряжение (переменное в пульсирующее); ...
Вспомогательные	Обнаружить перегрузку; Сформировать команду (на отключение); ... Фиксировать элементы; ...

Внешние функции **в зависимости от степени полезности** могут быть классифицированы на:

- *полезные* функции;
- *бесполезные (ненужные функции, антифункции)*.

В свою очередь *бесполезные* функции подразделяют на *нейтральные* функции (не мешают, но и не являются необходимыми) и *вредные* функции (например, машина шумит, греется, вибрирует, происходит выброс вредных веществ и т.д.). Сразу следует уточнить понятие «вредная функция». «Вредными» по сути следует считать функции, характеризующие негативное влияние объекта анализа на человека, его условия жизни и окружающую среду. Однако при функциональной оптимизации объекта необходимо оптимизировать прежде всего те вредные функции, которые по своему действию превышают установленные социальные требования (ПДУ, ПДК и т.п.). Такие вредные функции назовем *вредными недопустимыми*.

Бесполезные функции являются *лишними* для объекта. Они могут оказаться среди функций объекта и его составляющих, когда ФСА подвергается *уже существующий* объект.



Взаимосвязь классификационных групп функций по различным признакам представлена на рис.5.2 и рис.5.3.

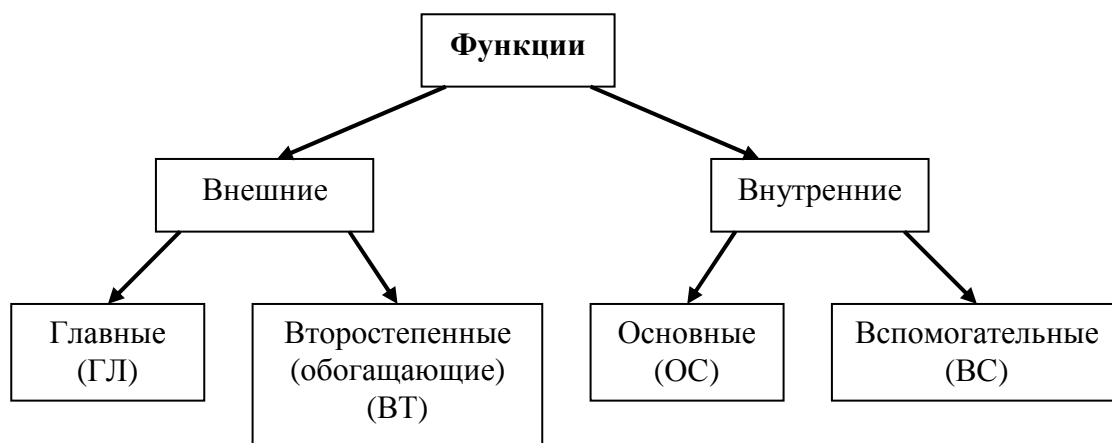


Рис.5.2. Классификация функций по области проявления и назначению

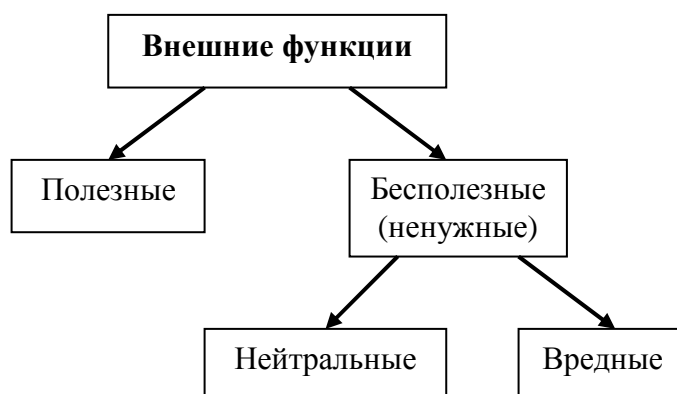


Рис.5.3. Классификация внешних функций по степени полезности

На данном этапе функционального анализа важнейшим результатом является определение *бесполезных (ненужных)* функций, выявление функций с *избыточными* или *недостаточными параметрами*, которые в дальнейшем должны быть подвергнуты оптимизации для *исключения избыточности* в части лишних функций и соответственно лишних элементов, *нахождения баланса* параметров использования полезных функций.

Целью ФСА является **функциональная оптимизация** как по составу функций, так и по параметрам их использования, т.е. перевод объекта из существующего состояния в желаемое (рис.5.4).

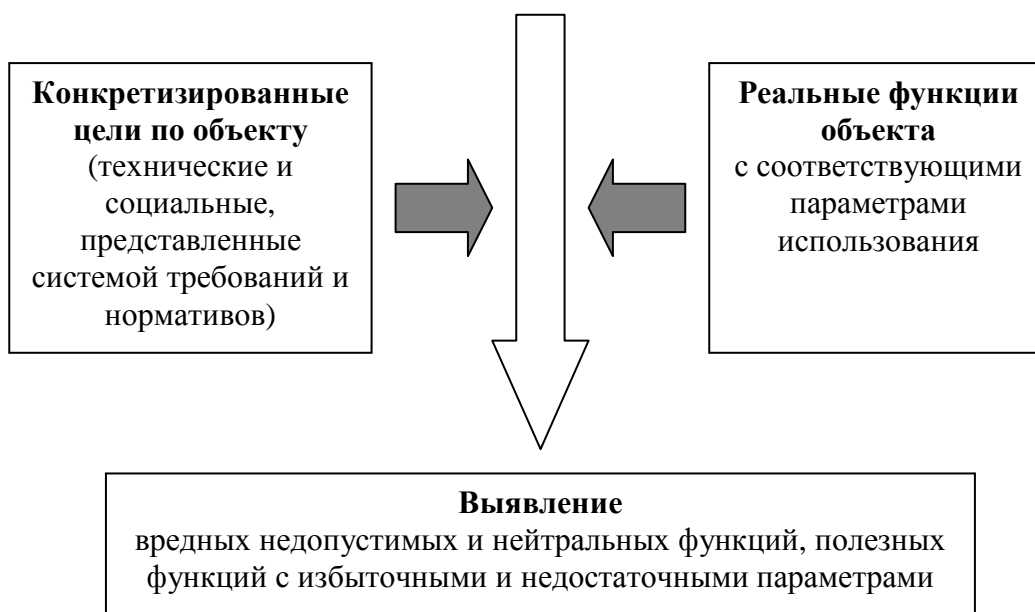


Рис.5.4. Методологический подход ФСА к функциональной оптимизации

### 5.3. Построение функциональной модели объекта

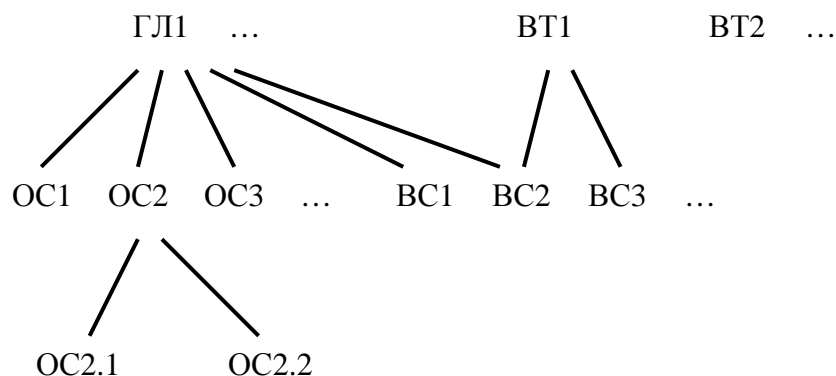
**Функциональная модель (ФМ)** – это логико-графическое изображение состава и взаимосвязей функций объекта, получаемое путем их формулировки и установления порядка подчинения.

Именно при разработке функциональной модели выявляются основные причинно-следственные связи объекта ФСА, определяются бесполезные функции.

Функциональная модель, содержащая только полезные функции, называется *отработанной* функциональной моделью. **Отработанная функциональная модель** представляет собой *идеальную структуру* анализируемого объекта *без привязки к каким-либо носителям функций* (узлам, блокам, деталям изделий, операциям технологических или производственных процессов, подразделениям предприятия и т.д.).

Функциональная модель может иметь несколько иерархических уровней. Первый уровень – внешние функции, второй и последующие уровни – внутренние функции.

Каждый нижестоящий уровень определяет совокупность действий, обусловленных технологией реализации функций вышестоящих уровней. Пример трехуровневой функциональной модели представлен на рис.5.5.



**Рис.5.5. Пример функциональной модели (трехуровневой)**

Степень детализации отдельных функций на функциональной модели по уровням иерархии может быть различной. Например, на рис.5.5 второстепенная функция ВТ2 не расписана через внутренние функции вовсе, а большинство внутренних функций сосредоточено на втором уровне. Важно также исключить ситуации, когда функция вышестоящего уровня связана только с одной функцией ближайшего нижестоящего уровня. Если подобная ситуация имеет место, то это или одна и та же функция, но просто сформулирована по-разному, или состав действий по реализации функции вышестоящего уровня не определен полностью. В любом случае это ошибка, допущенная при построении функциональной модели, подлежащая устранению.

#### **5.4. Построение структурной модели объекта**

Выявление конструктивно-технологических или организационных элементов *возможной* (существующей или предполагаемой) *реализации* анализируемого объекта осуществляется путем построения *структурной модели* объекта. Здесь устанавливаются элементы (*носители функций*) анализируемого объекта, *определяющие его работоспособность*.

Элементами (составными частями) объекта могут быть:

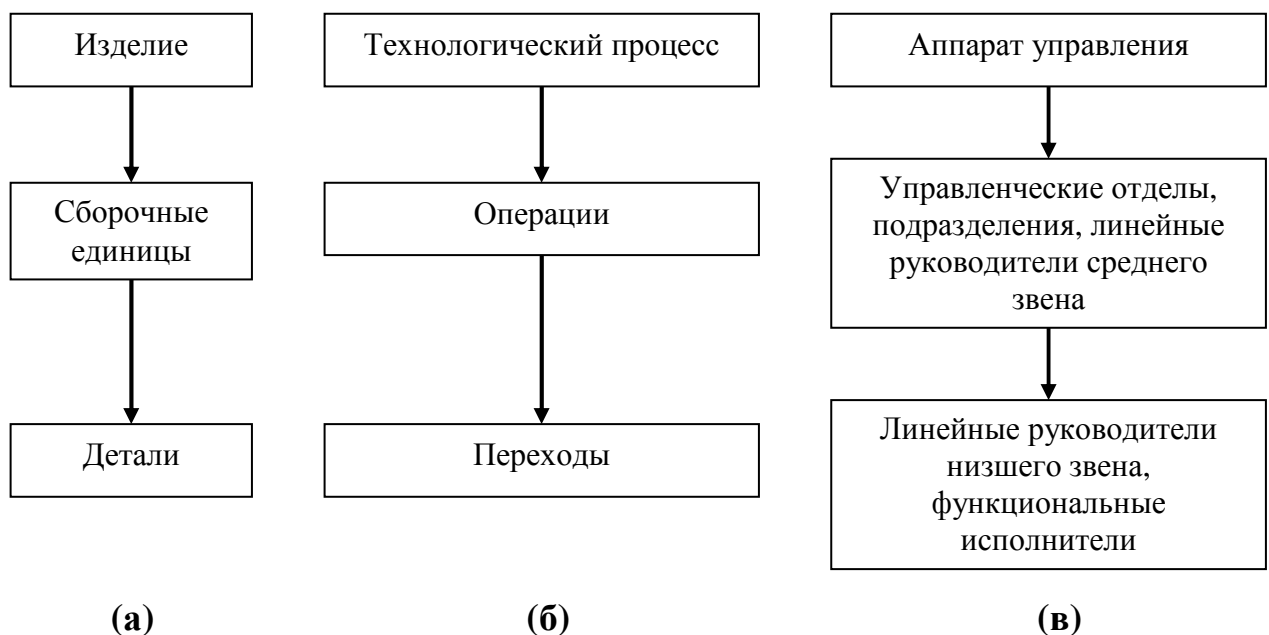
- сборочные единицы (блоки, узлы, модули, операции технологического процесса, производственные подразделения);
- детали (элементы, операторы, переходы, рабочие места).

**Структурная модель (СМ)** – это графическое представление состава и входимости элементов (материальных и иных носителей функций) объекта друг в друга в виде строго иерархической структуры.

Структурная модель объекта строится по уровням иерархии. Типичные иерархические уровни структурных элементов *технического изделия, технологического процесса и организационной структуры управления производством* представлены на рис.5.6.

В зависимости от сложности объекта структурная модель может строиться до уровня сборочных единиц или до уровня деталей.

Таким образом, структурная модель дает представление о составе элементов объекта (*носителей функций*) по уровням иерархии и их взаимосвязях.



**Рис.5.6.** Типичная иерархия структурных элементов изделия (а), технологического процесса (б) и организационной структуры управления производством (в)

## 5.5. Построение функционально-структурной модели объекта

Методология ФСА предполагает рассмотрение любого объекта как элемента более сложной системы, которая и задает его эксплуатационно-технические и экономические параметры. Поэтому *функциональная модель объекта разрабатывается как нечто самостоятельное, в отрыве от сложившейся (предполагаемой) структурной модели этого объекта.* Сопоставление и анализ функциональной – как бы идеальной модели – и действующей – структурной модели – позволяет *выявить* бесполезные элементы объекта, резервы и пути совершенствования объекта. Это сопоставление выполняется в процессе построения совмещенной модели объекта, называемой *функционально-структурной*.

**Функционально-структурная модель (ФСМ)** – это совмещение функциональной и структурной моделей путем представления их взаимосвязи.

ФСМ показывает взаимосвязь функций и носителей этих функций в объекте.

ФСМ используется для определения целесообразности конструкции исходя из числа элементов, реализующих ту или иную функцию, выявления излишних или недостающих ресурсов для реализации данных функций, а также элементов, не являющихся их носителями или излишних.

ФСМ может быть представлена в графическом виде (в виде схемы) или в матричной форме (в виде таблицы).

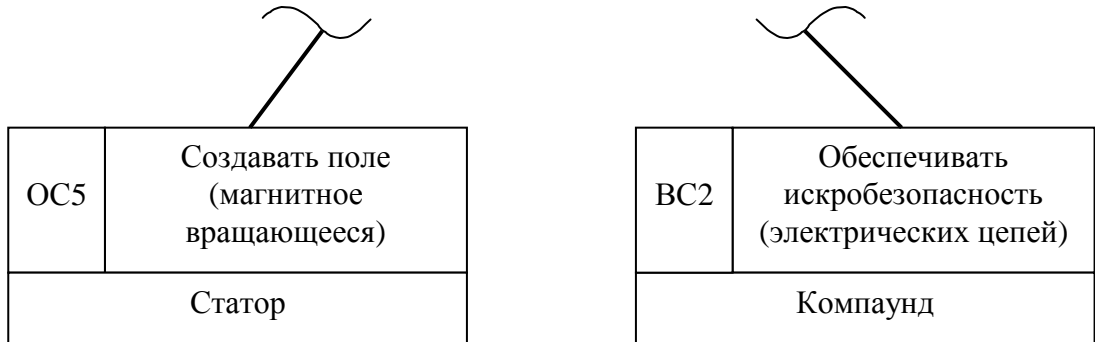
Примеры изображения взаимосвязи функций и их носителей в случае представления ФСМ в графическом виде даны на рис.5.7 и рис.П1.8.

Пример представления ФСМ в матричной форме дан в табл.5.3, где функции сгруппированы по их носителям (для изделия – по *материальным носителям*).

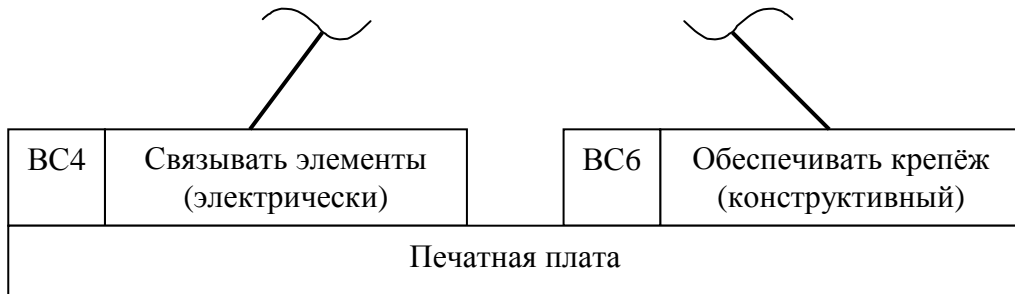
а)

Индекс функции	Формулировка функции (наименование функции)
Носитель функции	

б)



в)



**Рис.5.7. Фрагменты функционально-структурной модели, представленной в графическом виде:**

- а) – форма изображения отдельной функции на ФСМ;
- б) – фрагменты ФСМ, когда один носитель реализует одну функцию;
- в) – фрагмент ФСМ, когда один носитель реализует две функции

**Таблица 5.3 – Матрица функций дырокола (фрагмент)**

Узлы и детали	Формулы функций		Вид функции
	Глагол	Существительное	
Рычаг	обеспечивает	усилие (нажатие)	основная
Стойка	крепит	механизм (пробивки)	основная
...	...	...	...

## 5.6. Диаграмма функций объекта (диаграмма FAST)

Одним из приемов совершенствования анализа функций объекта ФСА является построение *диаграммы FAST* (*диаграммы функций*) по методике систематизированного анализа функций (*методика FAST*), разработанной инженером американской корпорации «Спери Рэнд» Чарльзом Байтуэйем [3].

*Методика FAST (методика систематизированного анализа функций)* дает возможность:

- **выявлять** и **формулировать** внутриобъектные функции, а также функции более высокого и более низкого уровней;
- проверять **правильность принятых формулировок**;
- **устанавливать взаимосвязи** между функциями (распределять функции по уровням подчиненности для построения функциональной модели).

Диаграммы функций строятся по уровням структурной модели, а затем «сшиваются».

### Последовательность построения диаграммы функций (диаграммы FAST)

1. Определить **целевое назначение** выделенных на структурной модели *носителей функций (НФ)* исходя из их **действительной роли** в реализации целей создания объекта. Причем в целевом назначении должны быть отражены **все** свойства каждого НФ, которые хоть как-то связаны с целями создания объекта.

В информативных фрагментах целевого назначения носителя функций **выделить** ключевые слова, опираясь на которые сформулировать функции носителя функций (см. табл.5.4).

Функциям носителей функций присвоить коды: первая цифра кода функции соответствует номеру элемента, вторая – порядковому номеру выполняемой им функции.

**Таблица 5.4 – Выявление функций элементов объекта анализа (пример)**

№ НФ	Наименование носителя функций (элемента конструкции)	Целевое назначение носителя функций (НФ)	Код функции НФ	Функции, выполняемые носителем функций (отвечают на вопрос: « <i>Что делает НФ?</i> »)
1	2	3	4	5
1	Корпус в сборе	<i>Рассеивает</i> тепло в окружающую среду	1.1	Рассеивает тепло
		Обеспечивает <i>жесткость</i> конструкции	1.2	Обеспечивает жесткость (конструкции)
		<i>Предохраняет</i> пользователя от теплового ожога	1.3	Обеспечивает изоляцию (тепловую)
		Создает удобство <i>перемещения</i> объекта в пространстве	1.4	Способствует перемещению (в пространстве)
		<i>Изолирует</i> от внешней среды	1.5	Изолирует от среды (внешней)
...	...	...	...	...

2. Каждую функцию из гр.5 табл.5.4 *записать на отдельной карточке*. Это внутриобъектные (внутренние) функции.

На карточках под функциями записать их коды из гр.4 табл.5.4, по которым в дальнейшем несложно будет установить носители функций.

Следует иметь ввиду, что *дублирование формулировок* функций элементов нижнего уровня структурной модели (например, деталей) между собой или с функциями элементов высшего уровня (например, сборочных единиц) свидетельствует о том, что эти элементы работают на одну и ту же функцию и должны быть *связаны общей для них функцией* функциональной модели (учет этой ситуации необходим в дальнейшем при построении функционально-структурной модели).

3. Очертить границы объекта и между этими границами расположить карточки с записанными на них функциями.

4. За левой границей расположить функции *более высокого уровня* (внешние функции), в данный момент *не являющиеся объектом анализа* (сейчас анализируются внутренние).



5. Функции *более низкого уровня* (т.е. функции, создающие необходимые условия для проявления свойств объекта) размещаются за правой граничной линией.

6. Последовательно задавая по отношению ко *всем* функциям носителей функций вопросы

«*Как?*» («*В результате чего?*»),

«*Почему?*» («*Зачем?*») и

«*Когда?*»,

определить их соподчиненность.

С помощью вопроса «*Как осуществляется (выполняется) данная функция?*» сформулировать и определить расположение всех функций в направлении от левой границы к правой. Ответ на вопрос «*Как?*» следует понимать как необходимые условия, которые должны быть созданы для выполнения данной функции, а не в смысле технологии осуществления этой функции. Поэтому вместо вопроса «*Как?*» лучше задавать вопрос «*В результате чего выполняется данная функция?*» или «*Что необходимо, чтобы выполнилась данная функция?*».

С помощью вопроса «*Почему (Зачем) выполняется данная функция?*» выполнить дополнительную проверку формулировок и расположения функций в направлении от правой границы к левой.

С помощью вопроса «*Когда осуществляется данная функция?*» выявить функции, выполняемые одновременно с той или иной функцией *критического пути* или обусловлены ею.

Линию *критического пути* составляют функции, осуществление которых обязательно для реализации главной(ых) функции(й) объекта.

**Примечание 1.** Все ответы должны быть *логичными*, не противоречащими *здравому смыслу*.

**Примечание 2.** Если формулировка функции, расположенной непосредственно возле рассматриваемой функции, не содержит ответа на вопрос, значит эта функция или неправильно сформулирована, или неправильно размещена. Допущенную ошибку следует устранить.

Функции, осуществляемые *постоянно*, расположить в верхнем правом углу.

Общий вид диаграммы функций представлен на рис.5.8.

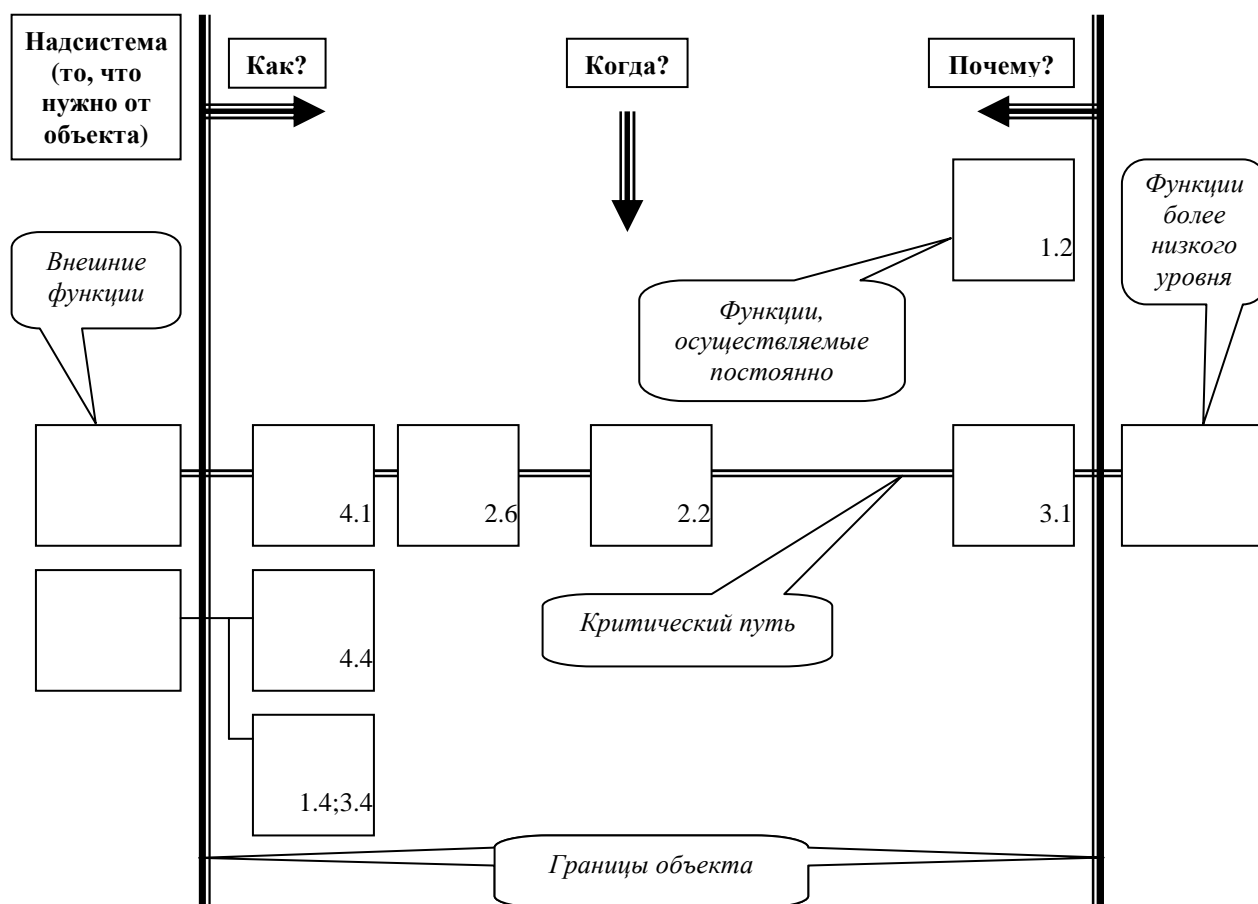


Рис. 5.8. Общий вид диаграммы функций объекта ФСА

### 5.7. Отработанная функциональная модель объекта – основа функционально-структурной модели объекта

Итак, любой анализируемый объект состоит из элементов, ему характерны внешние формы, в нем протекают процессы, он определенным образом структурирован (организован). С целью лучшего понимания объекта выполняют его декомпозицию с различных позиций, изучают с этих позиций, а затем вновь реконструируют («собирают»). Такая процедура дает возможность по-новому взглянуть на объект, что может быть использовано для получения

нового знания об объекте, его модернизации (совершенствования, изменения, удешевления) и т.д.

В функционально-стоимостном анализе таких позиций рассмотрения (или «плоскостей»), две – *функциональная плоскость* и *структурная плоскость*.

«Рассекая» объект *функциональной плоскостью*, т.е. рассматривая объект с позиции его потребительских свойств (функций), возможности удовлетворять потребности, получают *функциональную модель объекта*.

«Рассекая» объект *структурной плоскостью*, т.е. рассматривая его с позиции внутренней организации, получают *структурную модель объекта*.

*Совмещение функциональной и структурной модели даёт новое знание об объекте в виде его функционально-структурной модели, отражающей взаимосвязи функций и их носителей в объекте. Это позволяет, в частности, перейти от оценки затрат на составные части объекта к оценке затрат на создание функций объекта.*

Таким образом, на этапе функционального анализа многое зависит от получения адекватной функциональной модели объекта.

Практическая процедура функционального анализа объекта с целью получения его функциональной модели включает *четыре этапа* (см. рис.5.9).

Во-первых, исходя из целевого назначения объекта и принятого принципа его построения, формируется идеальный образ объекта в форме *первичной (базовой) функциональной модели (ПФМ)*, при построении которой следует задавать вопрос «*Что должен делать объект?*».

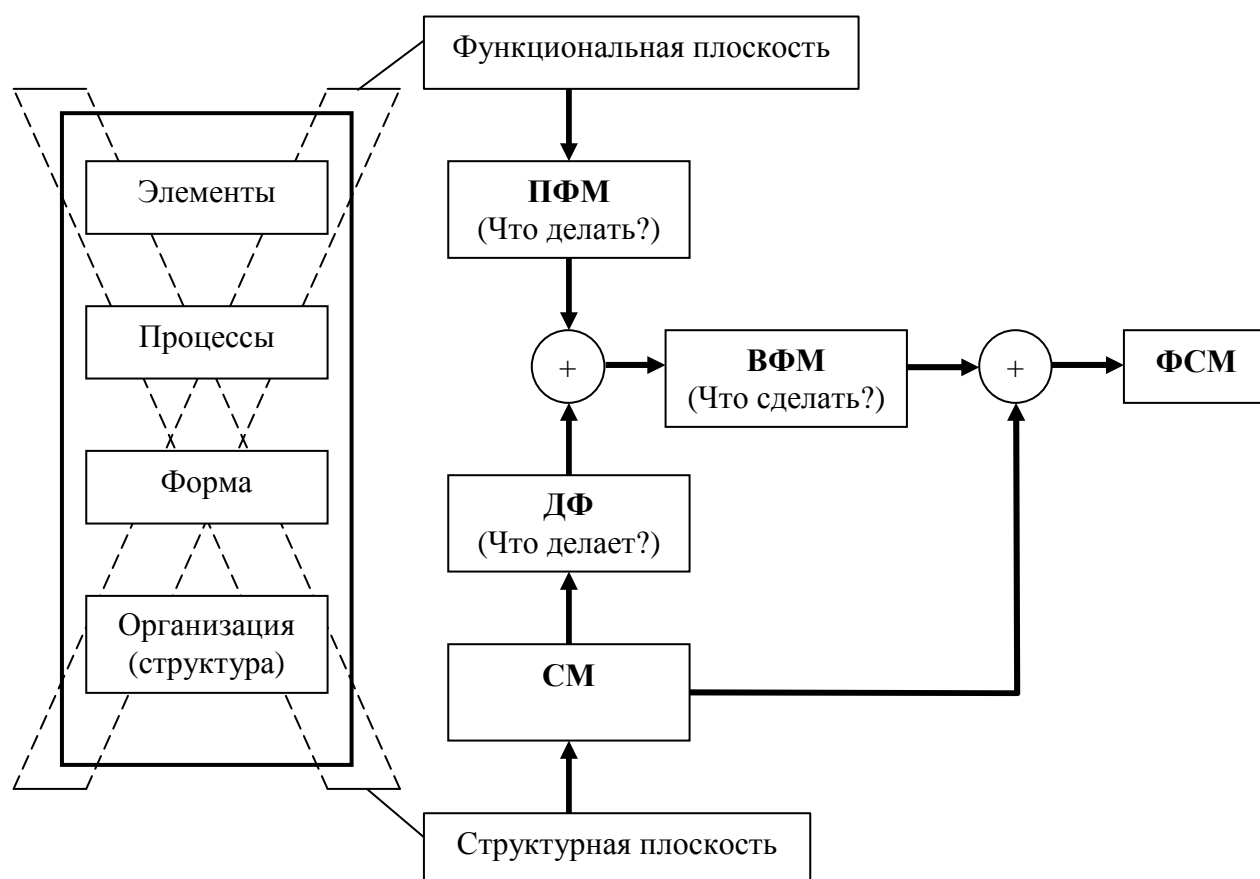
Первичная функциональная модель дает представление о том, как в идеале видится функционирование объекта.

Во-вторых, строится *структурная модель (СМ)* либо конкретной конструктивно-технологической реализации ранее созданного варианта объекта, либо предполагаемого (эскизного) варианта реализации нового (проектируемого) объекта.

В-третьих, сформулировав функции выделенных на структурной модели элементов (носителей функций), исходя из их действительной роли в реализации целей объекта, определяется соподчиненность функций элементов

объекта и формируется *диаграмма функций (ДФ)*, при построении которой следует задавать вопрос «*Что **делает** объект в рассматриваемом варианте его реализации?*».

Диаграмма функций дает представление о том, как реально, сейчас, в рамках конкретной или предполагаемой реализации функционирует объект.



**Рис. 5.9. Функциональный анализ объекта**  
 (ПФМ – первичная функциональная модель; ДФ – диаграмма функций;  
 ВФМ – вторичная функциональная модель; ФСМ – функционально-структурная  
 модель)

В четвертых, поскольку и в первом (ПФМ) и во втором (ДФ) случае объект один и тот же, правомерно совместное рассмотрение ПФМ и ДФ, результатом чего является получение *вторичной (отработанной) функциональной модели (ВФМ)*, которая и используется при построении функционально-структурной модели (ФСМ) объекта.

Вторичная функциональная модель дает представление о том, *как должен* функционировать объект. Поэтому при построении ВФМ следует задавать вопрос «*Что должен сделать объект?*».

### **5.8. Пошаговый алгоритм построения функционально-структурной модели объекта**

Для построения качественной функционально-структурной модели объекта последовательно выполняются следующие шаги.

#### ***Шаг 1. Характеристика объекта***

Основными источниками информации об анализируемом объекте являются паспорт на изделие (систему), руководство по эксплуатации, руководство пользователя, технологические карты, техническое задание на разработку объекта, должностные инструкции и др. Характеристика объекта предполагает формулирование *назначения объекта* (Шаг 1.1), *описание параметров использования объекта* (Шаг 1.2) и *описание принципа действия объекта* (Шаг 1.3).

#### ***Шаг 1.1. Назначение объекта***

Выполняется *описание области использования* объекта анализа, формулируется *назначение объекта* применительно к рассматриваемой сфере его применения.

#### ***Шаг 1.2. Параметры использования объекта***

Приводятся все известные технические характеристики, требования и иные параметры использования объекта.

#### ***Шаг 1.3. Описание принципа действия объекта***

Описание принципа действия целесообразно выполнять по *структурной схеме* объекта, на которой выделены самостоятельные функциональные части анализируемого объекта, чаще всего реализуемые его сборочными единицами.

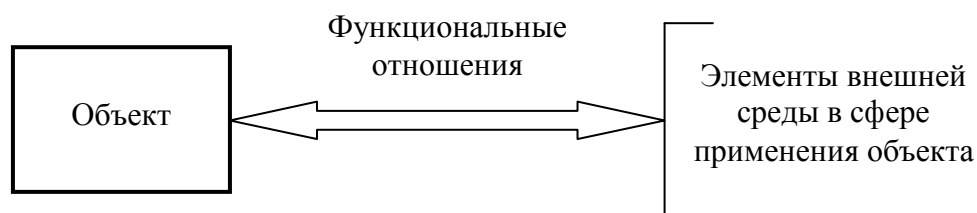
В случае отсутствия структурной схемы, можно использовать *принципиальную схему*.

### **Шаг 2. Целевое назначение объекта**

Рассматривая назначение и параметры использования объекта как элементы средств удовлетворения конкретной потребности, сформулировать **целевое назначение** объекта, т.е. ответить на вопрос: «*Что действительно нужно потребителю от объекта при его эксплуатации в рассматриваемой сфере применения?*». Причем, в целевом назначении необходимо определить все требования к объекту, в том числе и те, из которых впоследствии будут сформулированы второстепенные (обогащающие, конъюнктурные) функции. В противном случае второстепенных функций может быть сформулировано неограниченно много.

### **Шаг 3. Функциональные связи объекта с элементами внешней среды**

Представить объект в виде «черного ящика» и выделить те *элементы внешней среды*, с которыми объект имеет *функциональные отношения* в рассматриваемой сфере его применения (см. рис.5.10).



**Рис. 5.10. Функциональные связи объекта с элементами внешней среды**

### **Шаг 4. Определение и классификация внешних функций объекта**

В целевом назначении объекта (Шаг 2) **выделить** (подчеркнуть) ключевые слова, характеризующие действия, опираясь на которые сформулировать по правилам ФСА **внешние функции** объекта и классифицировать их на **главные** (ГЛ) и **второстепенные** (ВТ). При этом для вновь проектируемых объектов не должно быть внешних функций, «указания» на существование которых отсутствуют в целевом назначении объекта, а для существующих объектов

возможно наличие второстепенных вредных функций, но в пределах нормативов.

### ***Шаг 5. Словесное описание внутриобъектных процессов***

Составить *словесное (рафинированное) описание процессов* (функциональных преобразований, действий), происходящих в объекте. Для этого из описания принципа действия (см. Шаг 1.3) ***исключить*** указания на конкретное конструктивно-технологическое исполнение внутреннего содержания объекта, оставив только *описание его внутренних функциональных связей*.

### ***Шаг 6. Функциональные входы и выходы объекта***

Определить ***функциональные входы*** (внешние инициаторы внутренних процессов объекта) и ***функциональные выходы*** (внешние признаки достижения целей объекта).

### ***Шаг 7. Определение и классификация внутренних функций объекта***

Сформулировать ***внутренние функции*** исходя из целевого назначения объекта (см. Шаг 2) и принятого принципа построения объекта (внутренние функции отражают происходящие в объекте процессы в порядке их протекания от функциональных входов объекта к функциональным выходам объекта) и ***классифицировать*** их на *основные (ОС)* и *вспомогательные (ВС)*.

Поскольку внутренние функции отражают конструктивно-технологические связи внутри объекта, то их формулирование производится на основе ***расчленения*** словесного (рафинированного) описания (см. Шаг 5) на информативные фрагменты и выделения в последних ключевых слов.

*Классификацию внутренних функций* на основные и вспомогательные выполняют по результатам следующего тестирования.

Условно «вычеркиваем» функцию из перечня внутренних. Если хотя бы в одной (пусть даже гипотетической) ситуации объект будет функционировать в соответствии с принятым принципом его действия – функция вспомогательная, если нет – функция основная. И так с каждой внутренней функцией.

### ***Шаг 8. Первичная двухуровневая функциональная модель объекта***

Сформировать идеальный образ объекта через построение его *первичной* (базовой) *двухуровневой функциональной модели* (ПФМ). Поскольку ПФМ отражает идеальные представления об объекте, то все её функции должны отвечать на вопрос: ***Что должен делать?***

### ***Шаг 9. Внутренние элементы объекта***

Выделить составные части (*носители функций, материальные носители*) возможного (существующего или предполагаемого) исполнения объекта. Данную работу целесообразно выполнять по *принципиальной схеме* объекта.

### ***Шаг 10. Структурная модель объекта***

В зависимости от сложности объекта построить его *структурную модель* (СМ) до уровня *сборочных единиц* (функциональных узлов, модулей, операций, управленческих отделов, подразделений) или *деталей* (элементов, операторов, групп операторов, переходов, отдельных функциональных исполнителей).

### ***Шаг 11. Функции структурных элементов объекта***

Определить *целевое назначение* выделенных на структурной модели носителей функций (НФ), исходя из их *действительной роли* в реализации целей создания объекта. Причем, в целевом назначении должны быть отражены ***все*** свойства данного НФ, которые хоть как-то связаны с целями создания объекта.

В информативных фрагментах целевого назначения материального носителя ***выделить*** ключевые слова, опираясь на которые сформулировать функции носителей функций.

Функциям носителей функций присвоить коды: первая цифра кода функции соответствует номеру элемента (номеру носителя функций), вторая – порядковому номеру выполняемой им функции.



### ***Шаг 12. Диаграмма функций объекта***

Определить соподчиненность функций носителей функций объекта и построить диаграмму функций (ДФ), используя приемы *методики систематизированного анализа функций (методики FAST)*.

### ***Шаг 13. Скорректированная диаграммы функций объекта***

На диаграмме функций (см. Шаг 12) отметить (например, знаком «\*») функции, имеющие место и на первичной функциональной модели (см. Шаг 8).

Если функция, отражающая одно и то же свойство объекта, на диаграмме функций и на первичной функциональной модели сформулирована по-разному, принять решение о её более точной формулировке.

Если *идеальные представления* об объекте были *истинны*, а функции материальных элементов рассматриваемой реализации объекта с точки зрения достижения целей его создания *описаны полно*, то функции ПФМ органично «впишутся» в ДФ, т.е. ДФ должна содержать **все** функции ПФМ.

В противном случае необходимо проанализировать различия и при необходимости *скорректировать* диаграмму функций или уточнить первичную функциональную модель.

### ***Шаг 14. Классификация функций диаграммы функций объекта***

Функции скорректированной ДФ (см. Шаг 13), совпадающие с функциями ПФМ, являются полезными. Остальные функции скорректированной ДФ зависят от конкретного исполнения объекта и следует оценить необходимость их присутствия в объекте, т.е. классифицировать с точки зрения достижения целей создания объекта на **полезные** и **бесполезные** (ненужные), в том числе бесполезные **нейтральные** и бесполезные **вредные**.

### ***Шаг 15. Вторичная функциональная модель объекта***

Скорректированную диаграмму функций (см. Шаг 13 и Шаг 14) перестроить во *вторичную (отработанную) функциональную модель (ВФМ)*, по форме представления аналогичную ПФМ, но содержащую **только полезные** функции скорректированной ДФ (для существующих объектов возможно присутствие вредных функций, но в пределах нормативов).

Функции на ВФМ отвечают на вопрос: ***Что должен сделать?***

Классифицировать полезные функции ВФМ на основные и вспомогательные и присвоить им индексы.

### ***Шаг 16. Функционально-структурная модель объекта***

Построить функционально-структурную модель (ФСМ) объекта путем совмещения ВФМ и СМ. Построение ФСМ упрощается, если воспользоваться первыми цифрами кодов функций (см. Шаг 11).

В Приложении 1 рассмотрено построение функционально-структурной модели технического объекта (электропаяльника бытового ЭПСН-40/220) на основе пошагового алгоритма.

## **5.9. Оценка значимости (важности) функций**

### **5.9.1. Критерии значимости (важности) функций**

Количественная оценка связей в функциональной модели производится с помощью определения *значимости (важности) функций*.

Значимость (важность) функции подразумевает влияние этой функции на назначение и характеристики объекта.

Значимость (важность) функции – это роль функции.

Поэтому наиболее часто ***критерием значимости (важности) функции*** является ***её вклад*** в обеспечение требований к объекту (его параметров), т.е. в достижение целевого назначения объекта.

Для внешних функций объекта при оценивании их значимости (важности) исходным является ***распределение требований потребителей*** (показателей качества, параметров, свойств) ***по значимости (важности)***. Те функции, которые способствуют удовлетворению наиболее важных требований потребителей или участвуют одновременно в реализации нескольких требований, имеют соответственно более высокую значимость (важность).

Для внутренних функций определение значимости ведется исходя *из их роли* в обеспечении функций вышестоящего уровня.

Оценка значимости функций осуществляется экспертными методами последовательно по уровням функциональной модели, начиная с первого:

- внешних (главных и второстепенных) функций в удовлетворении требований потребителя;
- внутренних функций в реализации внешних;
- основных функций в реализации главных;
- вспомогательных функций  $i$ -того уровня функциональной модели в удовлетворении функций вышестоящего  $(i-1)$ -того уровня.

Различают *абсолютную* и *относительную* значимость (важность) функции. В свою очередь и абсолютная и относительная значимость (важность) функции  $i$ -того уровня может оцениваться как *по отношению к объекту в целом* (в этом случае обычно применяют термин «важность функции»), так и *по отношению к ближайшей вышестоящей функции* (в этом случае обычно применяют термин «значимость функции»).

**Абсолютная** значимость (важность) функции оценивается в экспертных баллах.

**Относительная** значимость (важность) функции или рассчитывается на основе абсолютных значимостей (важности), или оценивается непосредственно. По величине относительная значимость (важность) функции не может превышать единицы.

Для оценивания значимости (важности) функций используют как *чисто экспертные оценки*, так и различные *численные методы*, основанные на экспертных оценках. Из численных методов оценки рассмотрим следующие два:

- метод расстановки приоритетов [11];
- метод попарного сравнения [1].

К сожалению, каждый метод количественной оценки функций по степеням важности имеет свои достоинства и недостатки и не представляется возможным рекомендовать какой-то один.

## 5.9.2. Метод расстановки приоритетов

Этим методом оценивание значимости функций ведется последовательно *по уровням* функциональной модели, начиная с *первого* (т.е. сверху вниз).

Причем:

- для внешних функций (главных и второстепенных) исходным является распределение требований потребителей (показателей качества, параметров, свойств) по их значимости (важности);
- для функций последующих уровней функциональной модели (т.е. для внутренних функций) – их роль (значимость) в обеспечении функций вышестоящего уровня.

Функциональная модель разбивается на «кусты».

«Куст» – это группа функций одного уровня, реализующих одну функцию вышестоящего уровня (см. рис.5.11).

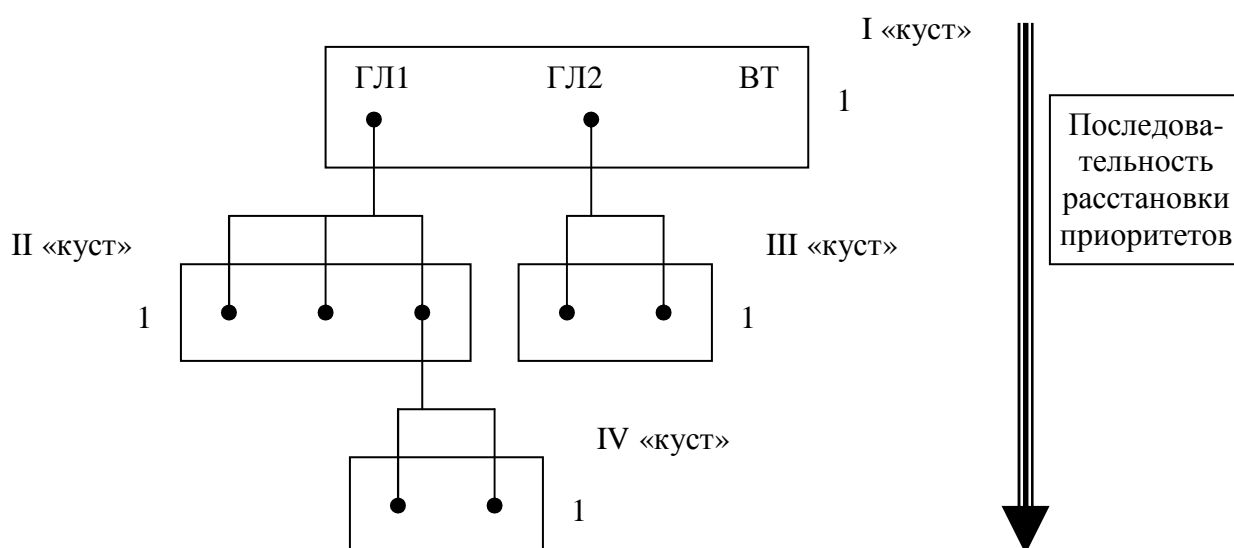


Рис. 5.11. Выделение «кустов» на функциональной модели

Для каждого «куста» строится *матрица смежности*.

Пример матрицы смежности для внешних функций приведен в табл.5.5.

Заполнение матрицы смежности начинается с расстановки приоритетов.

При этом используются следующие *условные обозначения*:

- < (хуже) -  $i$ -тая функция **менее важная**, чем  $j$ -тая функция;
- > (лучше) -  $i$ -тая функция **более важная**, чем  $j$ -тая функция;
- = (равно) -  $i$ -тая и  $j$ -тая функции **одинаковой** важности.

Например, в табл.5.5 главная функция (ГЛ) более важная, чем второстепенная функция ВТ1.

Таблица 5.5 – Матрица смежности  $A_{ij}$  для внешних функций объекта (пример)

$i$		$j$			$B_i$	$P_i^{abc}$	$r_i$
		ГЛ	ВТ1	ВТ2			
1	ГЛ	=1	>1,5	>1,5	4	11,5	$\frac{11,5}{25} = 0,46$
2	ВТ1	<0,5	=1	>1,5	3	8	$\frac{8}{25} = 0,32$
3	ВТ2	<0,5	<0,5	=1	2	5,5	$\frac{5,5}{25} = 0,22$
						25	1

Следует иметь ввиду, что матрица смежности **симметрична** относительно главной диагонали. И если ГЛ > ВТ1, то следует поставить ВТ1 < ГЛ.

Условные обозначения дополняются *количественными соотношениями*:

$$A_{ij} = \begin{cases} 0,5 & \text{при } < ; \\ 1,5 & \text{при } > ; \\ 1 & \text{при } = . \end{cases}$$

Сумма количественных соотношений по строке матрицы смежности даст значение параметра  $B_i$  этой строки. Например, в табл.5.5:

$$B_1 = 1 + 1,5 + 1,5 = 4;$$

$$B_2 = 0,5 + 1 + 1,5 = 3;$$

$$B_3 = 0,5 + 0,5 + 1 = 2.$$

Далее определяется абсолютная значимость  $(P_i^{abc})$  каждой  $i$ -той функции путем суммирования результатов попарного перемножения количественных

соотношений  $i$ -той строки матрицы смежности со значениями столбца параметров  $B_i$ :

$$P_i^{abc} = \sum_{j=1}^n (A_{ij} \cdot B_j).$$

Например, в табл.5.5:

$$P_{ГЛ}^{abc} = 1 \cdot 4 + 1,5 \cdot 3 + 1,5 \cdot 2 = 11,5;$$

$$P_{BT_1}^{abc} = 0,5 \cdot 4 + 1 \cdot 3 + 1,5 \cdot 2 = 8;$$

$$P_{BT_2}^{abc} = 0,5 \cdot 4 + 0,5 \cdot 3 + 1 \cdot 2 = 5,5.$$

Определяется относительная значимость ( $r_i$ ) каждой  $i$ -той функции по отношению к ближайшей вышестоящей:

$$r_i = \frac{P_i^{abc}}{\sum_{i=1}^n P_i^{abc}}.$$

### **Достоинство метода:**

сравнение функций по важности производится качественно (без оценки степени этого различия).

### **Недостатки метода:**

а) большая трудоемкость, если много «кустов» и соответственно много матриц смежности;

б) если в таблице смежности две функции, то важности получим либо одинаковые, либо одной 0.63, а другой 0.37. Поэтому, если внешних функций две, их важность следует оценить чисто экспертно исходя из требований к объекту.

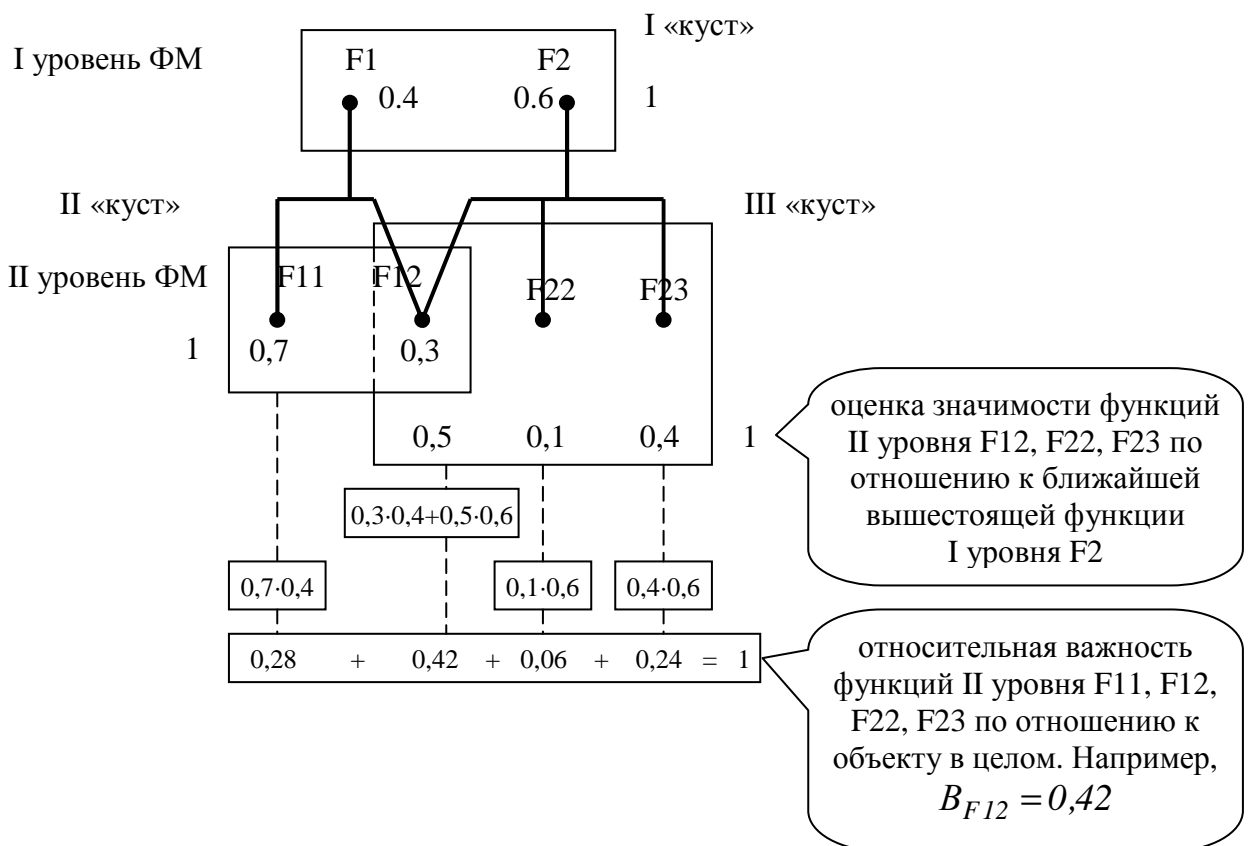
### **Особенности применения метода**

1. Относительная важность  $j$ -той функции  $i$ -того уровня по отношению к объекту в целом ( $B_{F_j}$ ) определяется перемножением относительных

значимостей соответствующих функций по отношению к ближайшим вышестоящим ( $r_{F_j}$ ).

**Пример.** Значимость функции F11 (см. рис.5.12) в обеспечении функции F1 составляет 0,7. Вклад функции F1 в обеспечение требований к объекту – 0,4. Тогда относительная важность функции F11 по отношению к объекту в целом равна  $0,7 \cdot 0,4 = 0,28$ .

2. Если одна функция участвует в обеспечении нескольких функций вышестоящего уровня, то вначале определяются относительные важности такой функции по отношению к каждой функции вышестоящего уровня, т.е. такая функция попадает в несколько «кустов» (см. пример для функции F12 на рис.5.12).



**Рис. 5.12. Определение относительной важности функций по отношению к объекту в целом**

### 5.9.3. Метод попарного сравнения

Согласно этому методу каждая функция индивидуально не только *сравнивается* (как в методе расстановки приоритетов), но и *оценивается* с каждой другой функцией. При этом предполагается, что между любыми двумя функциями *всегда существует различие* по важности, пусть даже небольшое.

Заполняется бланк «Функциональная оценка», включающий следующие таблицы:

- в верхней части бланка – таблица «Окончательная оценка функций объекта» (см. табл.5.6);
- в нижней части бланка – оценочные таблицы «Численная оценка функций *i*-тым экспертом» (см. табл.5.7, табл.5.8 и табл.5.9).

Все функции заносятся в таблицу «Окончательная оценка функций объекта». Каждой внесенной в эту таблицу функции присваивается свой *буквенный ключ*, который используется при сравнении и оценке этих функций. Затем каждым экспертом заполняется таблица «Численная оценка функций».

Анализ начинается с выявления связи функции А с функцией Б и оценки *степени важности* каждой из них (см. табл.5.7). Более важная функция с помощью буквенного ключа помещается в верхнем левом углу (оценочный блок АБ) оценочной таблицы.

Степень различия функций по важности устанавливается весовыми факторами 1, 2 или 3, где

- фактор 1 - показывает *незначительное* различие по важности между рассматриваемыми функциями;
- фактор 2 - *среднее* различие;
- фактор 3 - *большое* различие.

Применение того или иного фактора на практика *в основном* зависит от времени, которое тратится специалистом (экспертом) для принятия решения (см. табл.5.10).



**Таблица 5.6 – Окончательная оценка функций объекта**

Буквенный ключ	Индекс функции	Формула функции	Сумма баллов			Средняя сумма баллов	Относительная важность
			Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3		
А	ОС2.1	Получать сигнал	3	7	7	5,67	$\frac{5,67}{25,01} = 0,23$
Б	ОС2.2	Ограничивать сигнал	9	3	5	5,67	$\frac{5,67}{25,01} = 0,23$
В	ВТ	Подключать сигнал	4	6	5	5	$\frac{5}{25,01} = 0,20$
Г	ОС1	Усиливать сигнал	9	8	9	8,67	$\frac{8,67}{25,01} = 0,34$
Д	ВС1	Обеспечивать связь (электрическую)	0	0	0	0	0
Итого			25	24	26	25,01	1

**Таблица 5.7 – Численная оценка функций (Эксперт 1)**

	Б	В	Г	Д
А	Б3	В1	Г3	А3
	Б	Б3	Г1	Б3
		В	Г2	В3
			Г	Г3

**Таблица 5.8 – Численная оценка функций (Эксперт 2)**

	Б	В	Г	Д
А	А3	А1	Г3	А3
	Б	В3	Г2	Б3
		В	Г2	В3
			Г	Г1

**Таблица 5.9 – Численная оценка функций (Эксперт 3)**

	Б	В	Г	Д
А	А3	А1	Г3	А3
	Б	В2	Б2	Б3
		В	Г3	В3
			Г	Г3

**Таблица 5.10 – Критерии применения весовых факторов при оценке степени важности функций**

Время, затрачиваемое экспертом для принятия решения	Степень различия по важности между функциями	Весовой фактор
Решение принято моментально или быстро	Большое различие	3
Короткий период времени для принятия решения	Среднее различие	2
Значительные затраты времени	Незначительное различие	1

К сожалению, то, что для одного эксперта быстро, для другого может быть значительными затратами времени. Но немного опыта и эксперт сам определится, когда он принимает решение быстро, а когда долго размышляет.

После сравнения и оценки функции А с функцией Б соответствующим весовым фактором, функция А сравнивается аналогично со всеми остальными функциями, помещенными в верхнем ряду оценочной таблицы. Такая же процедура выполняется с функцией Б. Результаты её сравнения и оценки заносятся во второй сверху ряд. Далее сравниваются и оцениваются все имеющиеся функции. В результате каждая функция *индивидуально* сравнивается и оценивается с каждой функцией, помещенной в оценочную таблицу.

Для получения общей весовой оценки каждой функции складываются все её численные оценки как по горизонтали, так и по вертикали. Общая весовая оценка функции помещается в таблицу «*Окончательная оценка функций объекта*». В рассматриваемом примере (см. табл.5.7) нетрудно подсчитать, что функция Б «весит» 9 ( $B_2 + B_3 + B_3$ ), функция В – 4 ( $B_1 + B_3$ ) и т.д.

### **Достоинство метода:**

для функций, занесенных в бланк «*Функциональная оценка*», сразу получаем их относительную важность по отношению к объекту в целом.

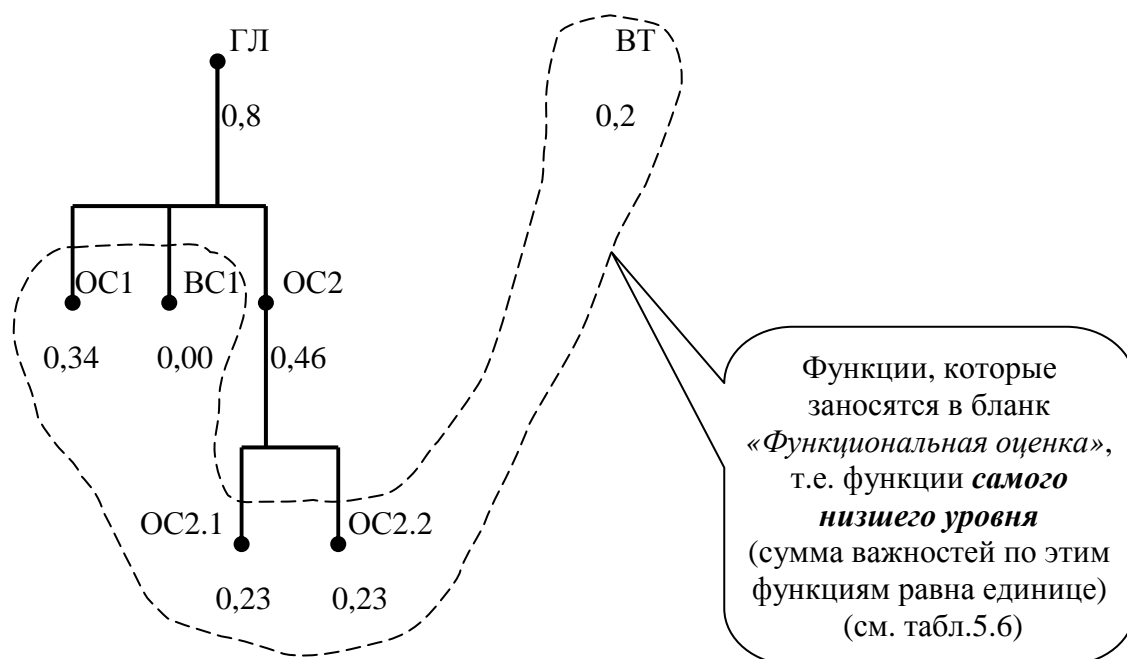
### **Недостатки и особенности применения метода:**

а) может случиться, что сумма баллов (общая весовая оценка) какой-то функции окажется равной нулю (как, например, для функции Д в рассматриваемом примере). Значит, важность этой функции незначительна (практически равна нулю). Но если рассматриваемая функция внешняя, то это парадоксально, т.к. внешние функции определяются из целевого назначения объекта. Поэтому методом попарного сравнения оценивать важность функций по уровням функциональной модели (например, вначале только для внешних функций, затем только для функций второго уровня и т.д.) нежелательно – увеличивается риск получения нулевой общей весовой оценки уже для

некоторых функций каждого уровня. Производить оценку следует снизу вверх по функциональной модели, а не сверху вниз (см. рис.5.13). При этом в бланк «Функциональная оценка» следует занести функции **самого низшего уровня**, которые к тому же могут принадлежать разным уровням функциональной модели (если степень детализации функций по уровням функциональной модели разная). Относительная важность не занесенных в бланк «Функциональная оценка» функций вышестоящих уровней рассчитывается как сумма важностей соответствующих функций нижестоящего уровня. Например:

$$R_{OC2} = R_{OC2.1} + R_{OC2.2} = 0,23 + 0,23 = 0,46 ;$$

б) чтобы снизить вероятность появления нулевой важности и повысить достоверность оценок, следует обратиться к нескольким экспертам, поручив каждому самостоятельно заполнить таблицу «Численная оценка функций», а полученные результаты усреднить. Экспертом может быть специалист, хорошо знающий объект.



**Рис. 5.13. Определение состава функций, которые заносятся в бланк «Функциональная оценка»**

#### 5.9.4. Проверка согласованности мнений экспертов

Ясно, что мнения разных экспертов различаются. Важно понять, насколько велико это различие. Если мало – усреднение мнений экспертов позволит выделить то общее, что есть у всех экспертов, отбросив случайные отклонения в ту или иную сторону. Если велико – усреднение является чисто формальной процедурой. Из сказанного ясна важность проблемы проверки согласованности мнений экспертов. Разработан ряд методов такой проверки.

Например, для оценки согласованности мнений экспертов вычисляется *коэффициент конкордации* [14]. Каждый эксперт дает по объектам экспертизы значения, являющиеся случайными числами. Объекты экспертизы расставляют по шкале порядка – *ранжируют*, для чего по значениям каждого эксперта строится вариационный ряд.

**Вариационный ряд** – это расположение значений случайной выборки в порядке их возрастания. Порядковый номер члена вариационного ряда называется **рангом**. Если в вариационном ряду имеются совпадающие значения, т.е. подряд идут два и более одинаковых значений, то вместо **обычных рангов** приписывают каждому из этих одинаковых значений одно и то же число, равное средней арифметической их рангов. Получаемые таким образом ранги называют **связанными**. Связанные ранги могут выражаться дробными числами.

Например, пусть имеется вариационный ряд из 10 значений:

2; 3; 8; 9; 9; 9; 10; 10; 12; 12.

Ранги этих значений:

1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10.

Вариационный ряд содержит три группы одинаковых значений – (9; 9; 9), (10; 10) и (12; 12). Вычислим связанные ранги для одинаковых значений вариационного ряда:

$$\frac{4+5+6}{3} = 5; \quad \frac{7+8}{2} = 7,5; \quad \frac{9+10}{2} = 9,5.$$

После вычисления связанных рангов получаем следующую ранжировку:

1; 2; 3; 5; 5; 5; 7,5; 7,5; 9,5; 9,5.

С помощью коэффициента конкордации проверяется согласованность ранжировок экспертов.

Коэффициент конкордации (согласованности) вычисляется по формуле:

$$W = \frac{\sum_{j=1}^k L_j^2}{\sum_{j=1}^k L_{jmax}^2},$$

где

$k$  - число оцениваемых объектов (число объектов экспертизы);

$\sum_{j=1}^k L_j^2$  - сумма квадратов отклонения суммы рангов каждого объекта экспертизы от среднего арифметического всех рангов;

$\sum_{j=1}^k L_{jmax}^2$  - максимально возможная сумма квадратов отклонений, которая могла бы быть при полном совпадении мнений экспертов.

Сумма квадратов отклонений:

$$\sum_{j=1}^k L_j^2 = \sum_{j=1}^k (x_j - \bar{x})^2,$$

где

$x_j$  - сумма рангов  $j$ -того объекта экспертизы (по всем экспертам)

$$x_j = \sum_{i=1}^m x_{ji};$$

$m$  - число экспертов;

$x_{ji}$  - ранг  $j$ -того объекта экспертизы, соответствующий мнению  $i$ -того эксперта;

$\bar{x}$  - среднее арифметическое всех рангов

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^k x_j}{k}.$$

Максимально возможная сумма квадратов отклонений, которая могла бы быть при полном совпадении мнений экспертов:

- при **отсутствии связанных рангов** в ранжировках экспертов

$$\sum_{j=1}^k L_{jmax}^2 = \frac{m^2(k^3 - k)}{12};$$

- при **наличии связанных рангов** в ранжировках экспертов

$$\sum_{j=1}^k L_{jmax}^2 = \frac{m^2(k^3 - k) - m \cdot \sum_{i=1}^m T_i}{12},$$

где

$T_i$  - величина, учитывающая число групп связанных рангов в ранжировке  $i$ -того эксперта

$$T_i = \sum_{q=1}^n (t_q^3 - t_q);$$

$t_q$  - число неразличимых (равных) рангов в  $q$ -той группе связанных рангов ранжировки  $i$ -того эксперта;

$n$  - число групп неразличимых (равных) рангов в ранжировке  $i$ -того эксперта.

Коэффициент конкордации может принимать значения от 0 (при отсутствии согласованности) до 1 (при наличии единодушия).

Оценка существенности (статистической значимости) коэффициента конкордации осуществляется с использованием  $\chi^2$ -критерия. Для этого вычисляется значение  $\chi^2$ -статистики:

$$\chi^2 = m \cdot f \cdot W,$$

где

$f$  - число степеней свободы ( $f = k - 1$ ).

Затем по таблицам  $\chi^2$ -распределения при уровне значимости  $\alpha$  - вероятности ошибочного вывода - и числе степеней свободы  $f = k - 1$  находится критическое значение  $\chi_{кр}^2(\alpha; f)$ .

Таблицы  $\chi^2$ -распределения приводятся в справочниках по математической и экономической статистике. Для определения критического значения  $\chi_{кр}^2$  можно также воспользоваться пакетом обработки электронных таблиц MS Excel, в котором есть встроенная статистическая функция **ХИ2ОБР(вероятность;степени\_свободы)**, которая возвращает  $\chi_{кр}^2$ -значение как функцию вероятности (уровень значимости  $\alpha$ ) и числа степеней свободы ( $f$ ).

Гипотеза о согласованности мнений экспертов *не* отвергается, если  $\chi^2 > \chi_{кр}^2(\alpha; f)$ . В противном случае ни о какой согласованности мнений экспертов говорить нельзя.

Если гипотеза о согласованности мнений экспертов не отвергается, то **степень согласованности** мнений экспертов классифицируется при  $W < 0,75$  как «слабая», при  $0,75 < W < 0,85$  – как «средняя», при  $0,85 < W < 0,95$  – «выше средней», при  $W > 0,95$  – как «сильная».

Если степень согласованности мнений экспертов оказывается неудовлетворительной, принимают меры для ее повышения (тренировки, обсуждение результатов, разбор ошибок, увеличение числа экспертов).

### **Пример проверки согласованности мнений экспертов**

Определим степень согласованности мнений трех экспертов, которые оценивали важность пяти функций методом попарного сравнения, приняв за меру согласованности их мнений коэффициент конкордации. Для этого воспользуемся результатами распределения функций по степеням важности в суммарных баллах, которые представлены в табл.5.6 (объектами экспертизы являются функции объекта, занесенные в таблицу «Окончательная оценка функций объекта»).

Число экспертов:  $m = 3$ .

Число объектов экспертизы:  $k = 5$ .

Суммарные балльные оценки экспертов по функциям перенесем в табл.5.11.

**Таблица 5.11 – Результаты экспертного опроса для проверки согласованности мнений экспертов**

Номер объекта экспертизы, $j$	Буквенный ключ функции	Оценка $i$ -того эксперта в суммарных баллах			Ранжировки по значениям $i$ -того эксперта			Сумма рангов ( $x_j$ )	$L_j = x_j - \bar{x}$	$L_j^2$
		1-го	2-го	3-го	1-го	2-го	3-го			
1	А	3	7	7	2	4	4	10	1	1
2	Б	9	3	5	4,5	2	2,5	9	0	0
3	В	4	6	5	3	3	2,5	8,5	-0,5	0,25
4	Г	9	8	9	4,5	5	5	14,5	5,5	30,25
5	Д	0	0	0	1	1	1	3	-6	36
	Сумма	25	24	26	15	15	15	<b>45</b>		<b>67,5</b>

Для построения вариационного ряда балльных оценок 1-го эксперта расставим его суммарные баллы в порядке их возрастания:

0; 3; 4; 9; 9.

Ранги этих значений:

1; 2; 3; 4; 5.

Вариационный ряд содержит одну группу одинаковых значений – (9; 9), обычные ранги которых 4 и 5. Для этой группы вычисляем связанные ранги (связанные ранги могут выражаться дробными числами):

$$\frac{4+5}{2} = 4,5.$$

После вычисления связанных рангов получаем следующую ранжировку 1-го эксперта:

1; 2; 3; 4,5; 4,5.

Вариационный ряд балльных оценок 2-го эксперта:

0; 3; 6; 7; 8.

Вариационный ряд не содержит одинаковых значений, следовательно, ранжировка 2-го эксперта представляется обычными рангами:

1; 2; 3; 4; 5.



Вариационный ряд балльных оценок 3-го эксперта:

0; 5; 5; 7; 9.

Ранги этих значений:

1; 2; 3; 4; 5.

Вариационный ряд содержит одну группу одинаковых значений – (5; 5), обычные ранги которых 2 и 3. Для этой группы вычисляем связанные ранги:

$$\frac{2+3}{2} = 2,5.$$

После вычисления связанных рангов получаем следующую ранжировку 3-го эксперта:

1; 2,5; 2,5; 4; 5.

По результатам ранжирования вычисляем сумму рангов  $x_j$  для каждого объекта экспертизы (см. табл.5.11) и среднее арифметическое рангов:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^k x_j}{k} = \frac{45}{5} = 9.$$

Тогда сумма квадратов отклонений:

$$\sum_{j=1}^k L_j^2 = \sum_{j=1}^k (x_j - \bar{x})^2 = 67,5.$$

Ранжировка 1-го эксперта имеет одну группу связанных рангов (двойная связка: 4,5; 4,5), поэтому  $T_1 = 2^3 - 2 = 6$ .

Ранжировка 2-го эксперта связанных рангов не имеет, поэтому  $T_2 = 0$ .

Ранжировка 3-го эксперта имеет одну группу связанных рангов (двойная связка: 2,5; 2,5), поэтому  $T_3 = 2^3 - 2 = 6$ .

Суммарное значение:

$$\sum_{i=1}^m T_i = 6 + 0 + 6 = 12.$$

Максимально возможная сумма квадратов отклонений:

$$\sum_{j=1}^k L_{jmax}^2 = \frac{m^2(k^3 - k) - m \cdot \sum_{i=1}^m T_i}{12} = \frac{3^2 \cdot (5^3 - 5) - 3 \cdot 12}{12} = 87.$$

Коэффициент конкордации:

$$W = \frac{\sum_{j=1}^k L_j^2}{\sum_{j=1}^k L_{jmax}^2} = \frac{67,5}{87} = 0,776.$$

Для оценки существенности (статистической значимости) коэффициента конкордации при числе экспертов  $m = 3$  и числе степеней свободы  $f = k - 1 = 5 - 1 = 4$  вычисляем значение  $\chi^2$ -статистики:

$$\chi^2 = m \cdot f \cdot W = 3 \cdot 4 \cdot 0,776 = 9,312.$$

По таблицам  $\chi^2$ -распределения при уровне значимости  $\alpha = 0,05$  (допускаем уровень возможной ошибки 5% – это означает, что мы можем ошибиться не больше, чем в 5% случаев, а в 95% случаев наши выводы будут правильными) и числе степеней свободы  $f = k - 1 = 5 - 1 = 4$  находим критическое значение  $\chi_{кр}^2(0,05;4) = 9,488$ . Аналогичный результат получим с использованием пакета MS Excel, если ввести формулу **=ХИ2ОБР(0,05;4)**, результат применения которой равняется 9,487728.

Так как  $\chi^2 = 9,312 < \chi_{кр}^2(0,05;4) = 9,488$ , то гипотеза о согласованности мнений экспертов отклоняется и степень согласованности мнений экспертов следует признать неудовлетворительной («слабой»). Экспертную оценку следует повторить, поменяв или расширив группу экспертов, или применив другие методы повышения степени согласованности мнений экспертов (обсуждение результатов, разбор ошибок и др.).

## 5.10. Стоимостная оценка функций

Стоимостная оценка функций предполагает *определение затрат на реализацию каждой функции* объекта.

Перед анализом затрат на реализацию функций уместно привести положения, сформулированные одним из основоположников ФСА Л. Майлзом:

- основная цель любых затрат – это выполнение определенных функций;
- любые затраты сверх тех, что обеспечивают выполнение полезных функций, являются ненужными;
- под затратами на реализацию функции понимаются минимальные затраты, при которых эта функция будет полностью выполняться;
- затраты на реализацию функции определяются путем сравнительного анализа, причем если нет такого анализа, то это не ФСА, а анализ издержек производства.

Приступая к стоимостной оценке функций необходимо уточнить, какие именно затраты по объекту будут анализироваться и в дальнейшем подвергаться оптимизации:

- затраты на разработку (проектирование) объекта, т.е. **проектные затраты** – затраты на создание проектной документации носителей функций в предпроизводственной сфере;
- затраты на производство (изготовление) объекта, т.е. **производственные затраты** – затраты на создание носителей функций в сфере производства;
- затраты на использование (применение, эксплуатацию) объекта, т.е. **эксплуатационные затраты** – затраты на использование (применение, эксплуатацию) носителей функций в сфере потребления;
- затраты на утилизацию материального объекта, т.е. **ликвидационные затраты** – затраты на утилизацию (ликвидацию) материальных носителей функций.

Выбор вида затрат для стоимостной оценки функций определяется конкретными целями ФСА, установленными на подготовительном этапе. Причем иногда может оптимизироваться несколько видов затрат. Например, по техническим объектам – затраты на изготовление и эксплуатацию.

Для *технических объектов* наиболее часто под затратами на реализацию функций понимаются затраты *на изготовление носителей этих функций*. При этом могут рассматриваться следующие виды затрат по материальным носителям технического объекта:

- прямые производственные затраты;
- технологическая себестоимость;
- цеховая себестоимость;
- производственная себестоимость;
- приведенные затраты.

Ввиду того, что на предприятии недостаточно оперативно поступает бухгалтерская информация о затратах по конкретному изделию (как правило, не чаще, чем за месяц), при проведении ФСА ограничиваются расчетом ***прямых производственных затрат***, т.е. учитывают только:

- материальные затраты – затраты на сырье, материалы, покупные комплектующие изделия, топливо и энергию технологические (с учетом транспортно-заготовительных расходов);
- трудоемкость изготовления через основную заработную плату основных производственных рабочих.

Иногда кроме материальных затрат и основной заработной платы основных производственных рабочих учитывают также дополнительную заработную плату основных производственных рабочих и отчисления на социальные мероприятия по основным производственным рабочим. Такие затраты называются ***«прямые» производственные затраты***.

Состав и методика расчета прямых производственных затрат на изготовление *электронного устройства* приведены в Приложении 2.

На стадии разработки *программных продуктов* весьма трудоемкую процедуру стоимостной оценки функций целесообразно заменить адекватной ей оценкой функций по быстродействию, объему занимаемой памяти или другим техническим показателям (параметрам).

Для объектов ФСА из области экономики и управления производством стоимостная оценка затрат на осуществление функций выполняется по статьям расходов. Как правило, рассматриваются *годовые текущие расходы*. Состав и методика расчета годовых текущих расходов на осуществление *функций управления* приведены в Приложении 4.

Терминологически различают три ***показателя затрат***:

- *фактические затраты*;
- *функционально необходимые затраты (ФНЗ)* – минимально возможные затраты на реализацию требуемых функций;
- *излишние затраты* – разность между фактическими затратами и ФНЗ.

***Функционально необходимые затраты*** – это тот минимальный уровень затрат, который может быть достигнут при использовании наиболее прогрессивных схемных, конструктивно-технологических и организационных решений, а также при обеспечении наивысшего уровня производительности труда, эффективного использования материальных и энергетических ресурсов. Определение ФНЗ и организационно-технических решений, обеспечивающих их достижение, является ***главной целью*** проведения ФСА. Для решения этого вопроса необходимо в первую очередь в соответствии с отработанной функциональной моделью объекта подобрать наиболее экономичные и прогрессивные носители функций. Далее по этим носителям необходимо определить прогрессивные нормативы затрат (труда, материалов, энергии, оборудования, капитальных вложений и т.д.).

## 5.11. Распределение затрат по функциям

После выбора вида анализируемых затрат рассчитываются *затраты по каждому носителю функций*. Затем на основе функционально-структурной модели оценивается стоимость каждой внутренней и каждой внешней функции объекта.

Если один и тот же носитель участвует в реализации несколько функций, то затраты на него ( $S_n$ ) между этими функциями должны быть распределены одним из приемлемых способов:

- 1) поровну;
- 2) пропорционально долевному участию;
- 3) пропорционально значимости (важности) каждой функции в реализации единой для рассматриваемых функций функции более высокого уровня;
- 4) на основе экспертного анализа носителя функций.

Тогда затраты на  $i$ -тую функцию ( $S_{F_i}$ ) определятся следующим образом.

1. В случае распределения затрат *поровну*:

$$S_{F_i} = \frac{S_n}{n_F},$$

где

$n_F$  - количество функций, в реализации которых участвует носитель.

2. В случае распределения затрат *пропорционально долевному участию*:

$$S_{F_i} = \sum_{j=1}^m \alpha_{ji} \cdot S_{n_{ji}},$$

где

$m$  - количество носителей, реализующих  $i$ -тую функцию;

$\alpha_{ji}$  - коэффициент вклада (степень участия)  $j$ -того носителя в реализации  $i$ -той функции;

$S_{n_{ji}}$  - затраты на  $j$ -тый носитель, реализующий  $i$ -тую функцию.

3. В случае распределения затрат **пропорционально значимости (важности)**  $i$ -той функции в реализации единой для рассматриваемых функций функции более высокого уровня (обычно – пропорционально относительной важности  $i$ -той функции по отношению к объекту в целом):

$$S_{F_i} = \sum_{j=1}^m \left( S_{n_{ji}} \cdot \frac{B_{F_i}}{\sum_{i=1}^{n_F} B_{F_i}} \right),$$

где

$B_{F_i}$  - относительная важность  $i$ -той функции по отношению к объекту в целом;

$\sum_{i=1}^{n_F} B_{F_i}$  - относительная важность *всех* функций, в реализации которых участвует  $j$ -тый носитель.

Характерные случаи распределения затрат пропорционально их важности проиллюстрированы на трех примерах – см. табл.5.12, табл.5.13 и табл.5.14. Соответствующие функционально-структурные модели представлены на рис.5.14, рис.5.15 и рис.5.16.

Распределение затрат по функциям удобно вести в форме табл.5.15. При этом следует обращать внимание на то, что долевое участие каждого носителя во всех функциях равно *единице*.

В табл.5.16 представлен один из возможных вариантов заполнения таблицы распределения затрат по функциям.

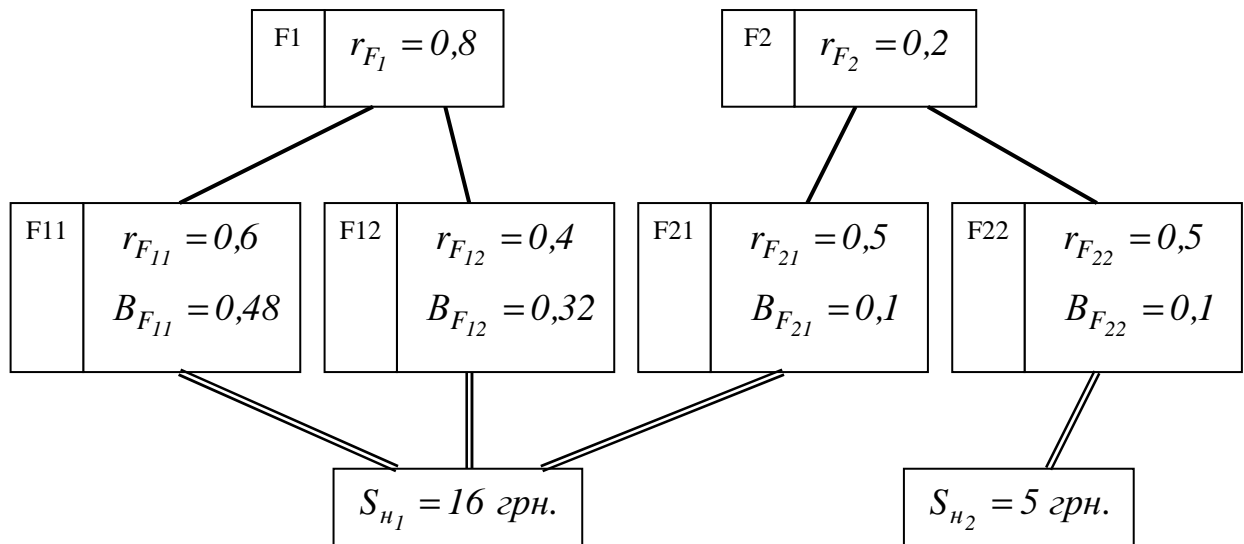


Рис.5.14. Распределение затрат пропорционально значимости (важности) функций (характерный случай № 1)

Таблица 5.12 – Распределение затрат пропорционально значимости (важности) функций (характерный случай № 1)

$F_i$	F11	F12	F21	F22
$B_{F_i}$	$0,6 \cdot 0,8 = 0,48$	$0,4 \cdot 0,8 = 0,32$	$0,5 \cdot 0,2 = 0,1$	$0,5 \cdot 0,2 = 0,1$
$S_{F_i}$	$16 \cdot \frac{0,48}{0,48 + 0,32 + 0,1} = 8,53$	$16 \cdot \frac{0,32}{0,48 + 0,32 + 0,1} = 5,69$	$16 \cdot \frac{0,1}{0,48 + 0,32 + 0,1} = 1,78$	5
$S_{n_i}, \text{ грн.}$	$S_{n_1} = 16$			$S_{n_2} = 5$

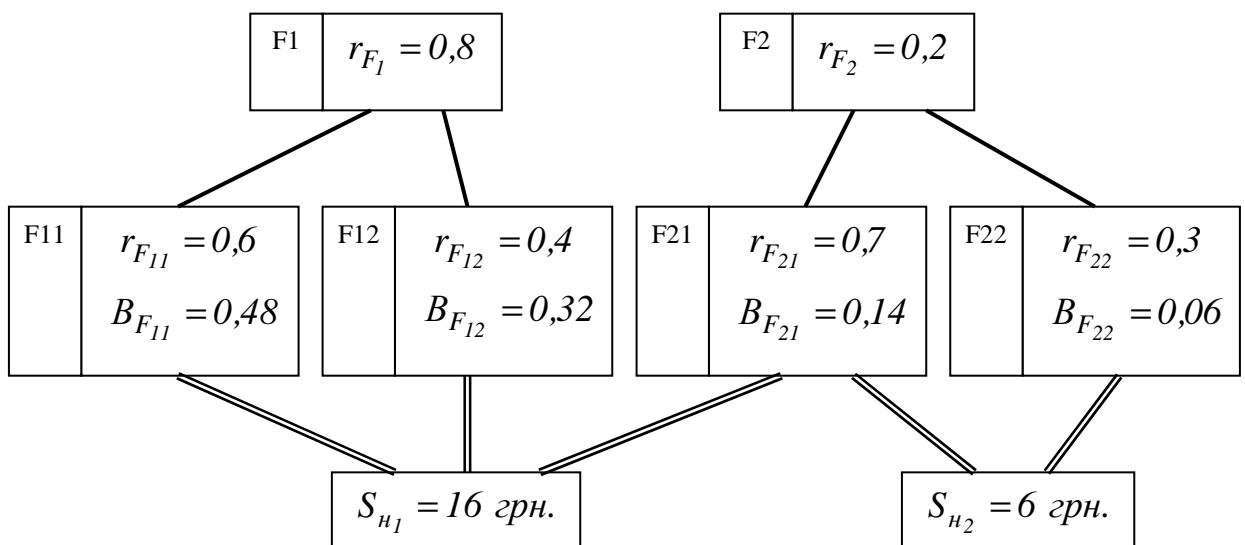


Рис.5.15. Распределение затрат пропорционально значимости (важности) функций (характерный случай № 2)



Таблица 5.13 – Распределение затрат пропорционально значимости (важности) функций (характерный случай № 2)

$F_i$	F11	F12	F21	F22
$B_{F_i}$	$0,6 \cdot 0,8 = 0,48$	$0,4 \cdot 0,8 = 0,32$	$0,7 \cdot 0,2 = 0,14$	$0,3 \cdot 0,2 = 0,06$
$S_{F_i}$	$16 \cdot \frac{0,48}{0,48 + 0,32 + 0,14} = 8,17$	$16 \cdot \frac{0,32}{0,48 + 0,32 + 0,14} = 5,45$	$16 \cdot \frac{0,14}{0,48 + 0,32 + 0,14} + 6 \cdot \frac{0,14}{0,14 + 0,06} = 2,38 + 4,2 = 6,58$	$6 \cdot \frac{0,06}{0,14 + 0,06} = 1,8$
$S_{n_i},$ грн.	$S_{n_1} = 8,17 + 5,45 + 2,38 = 16$			$S_{n_2} = 4,2 + 1,8 = 6$

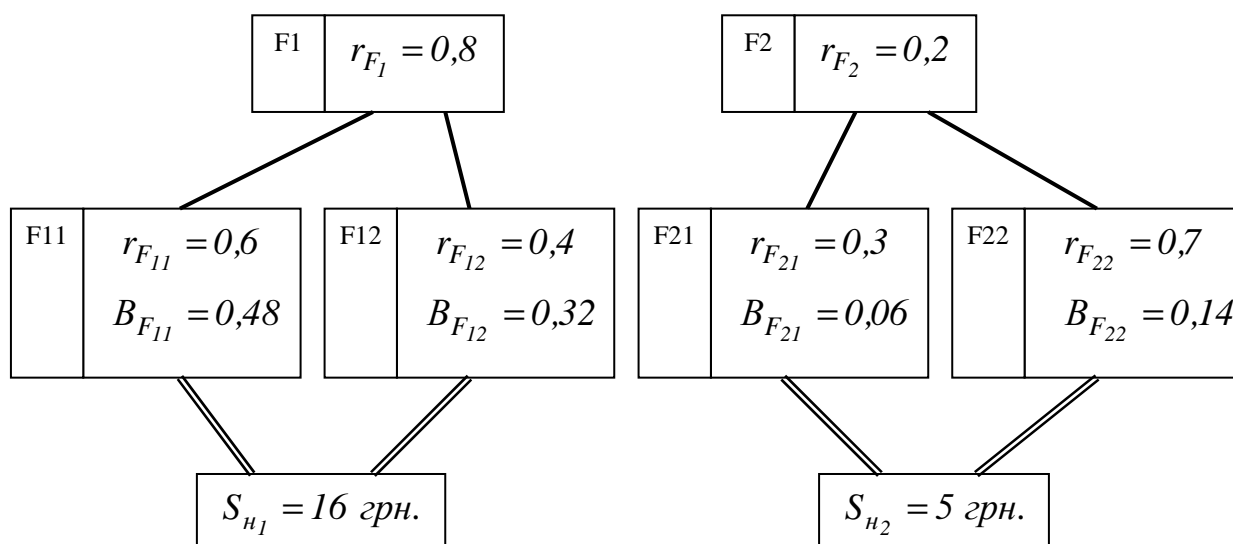


Рис.5.16. Распределение затрат пропорционально значимости (важности) функций (характерный случай № 3)

Таблица 5.14 – Распределение затрат пропорционально значимости (важности) функций (характерный случай № 3)

$F_i$	F11	F12	F21	F22
$B_{F_i}$	$0,6 \cdot 0,8 = 0,48$	$0,4 \cdot 0,8 = 0,32$	$0,3 \cdot 0,2 = 0,06$	$0,7 \cdot 0,2 = 0,14$
$S_{F_i}$	$16 \cdot \frac{0,48}{0,48 + 0,32} = 9,6$	$16 \cdot \frac{0,32}{0,48 + 0,32} = 6,4$	$5 \cdot \frac{0,06}{0,06 + 0,14} = 1,5$	$5 \cdot \frac{0,14}{0,06 + 0,14} = 3,5$
$S_{n_i},$ грн.	$S_{n_1} = 16$		$S_{n_2} = 5$	

**Таблица 5.15– Распределение затрат по функциям**

Носители функций (НФ)				Долевое участие НФ в реализации функций (весовые коэффициенты)					Затраты на все функции
Наименование и тип НФ	Единица измерения	Затраты на единицу измерения, грн.	Количество в объекте	F1			F2	...	
				F11	F12	F13		...	
НФ1	шт.		5	+ 0,7			+ 0,3		$S_{НФ1}$ 1
НФ2	шт.		1	+ 1					$S_{НФ2}$ 1
...									
Абсолютные затраты на функции				$S_{F11}$	$S_{F12}$	$S_{F13}$	$S_{F2}$	...	$S_{объект}$
Удельный вес в суммарных затратах				...	...	...	...	...	1
Абсолютные затраты на функции более высокого уровня				$S_{F1}$			$S_{F2}$	...	$S_{объект}$

Весовой коэффициент (долевое участие НФ1 в реализации функции F11)

Условные обозначения, использованные в табл.5.15:

- НФ1, НФ2 - соответственно первый и второй носители функций;
- + - признак участия носителя в реализации функции;
- $S_{НФ1}, S_{НФ2}, S_{объект}$  - абсолютные затраты соответственно на первый, второй носители функций и на объект в целом;
- $S_{F11}, S_{F12}, S_{F13}, S_{F1}$  - абсолютные затраты соответственно на функции F11, F12, F13, F1.

**Таблица 5.16 – Распределение затрат по функциям (пример)**

Носители функций (НФ)				Долевое участие НФ в реализации функций (весовые коэффициенты)				Затраты на все функции
Наименование и тип НФ	Единица измерения	Затраты на единицу измерения, грн.	Количество в объекте	F1			F2	
				F11	F12	F13		
Счетчик	шт.	500	2			0,5	0,5	1000 / 1
Преобразователь	шт.	800	4	0,3		0,4	0,3	3200 / 1
Выпрямитель	шт.	200	1		1			200 / 1
Абсолютные затраты на функции				960	200	1780	1460	4400
Удельный вес в суммарных затратах				0,22	0,05	0,4	0,33	1
Абсолютные затраты на функции более высокого уровня				2940			1460	4400

## **5.12. Определение объектов для дальнейшего (внутреннего) ФСА**

Определение объектов для дальнейшего (внутреннего) ФСА – это *выбор направления дальнейшего анализа*.

Прежде всего следует вспомнить *классификацию функций по степени полезности*, которая позволяет сразу же назвать функции, а затем и реализующие их носители, для оптимизации:

- нейтральные;
- вредные недопустимые;
- полезные с недостаточными или завышенными параметрами.

После этого выявляются функции для оптимизации по *главному критерию – стоимостному*, в соответствии с которым выявляются функции и элементы объекта, затраты на проявление (реализацию) которых неоправданно высоки, не соответствуют значимости (важности) функций. В дальнейшем эти функции (элементы) подвергаются оптимизации с целью снижения затрат.

Существует *два основных подхода к выбору внутренних объектов* для дальнейшей оптимизации – метод «АВС» и метод на основе анализа функционально-стоимостной диаграммы, а также ряд дополнительных подходов. Рассмотрим их.

### **1. Метод «АВС»**

Метод «АВС» [11] основан на анализе распределения затрат на носители функций и реализуется в следующем порядке:

а) объект рассматривается как совокупность локальных внутренних объектов. В качестве внутренних объектов обычно рассматриваются составные части анализируемого объекта, его основные элементы;

б) на каждый внутренний объект определяются затраты;

в) все внутренние объекты располагают в порядке убывания затрат на их реализацию;

г) строится **диаграмма Парето** (рис.5.17), на которой последовательно выделяются три зоны сосредоточения затрат:

- зона А – (0÷75)% суммарных затрат;
- зона В – (75÷95)% суммарных затрат;
- зона С – остальное – (95÷100)% суммарных затрат;

д) по диаграмме Парето выбирается зона дальнейшего анализа: вначале ФСА должны быть подвергнуты внутренние объекты (и выполняемые ими функции), вошедшие в зону А – зону затратоёмких элементов. Если в зоне А не имеется возможности для оптимизации, переходим в зону В, затем – в зону С.

Примечание. Диаграмма Парето может строиться не только по носителям функций, но и **по функциям**.

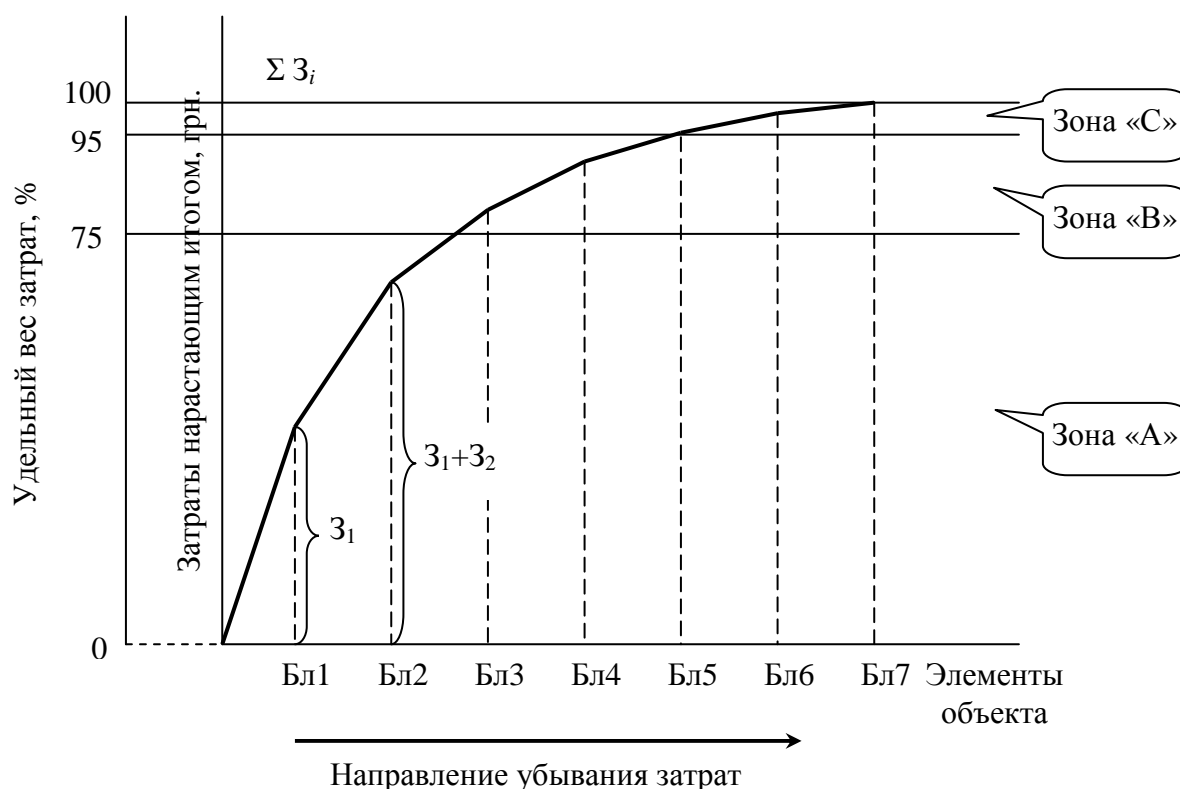


Рис.5.17. Диаграмма Парето по элементам (блокам) объекта

## 2. Метод на основе анализа функционально-стоимостной диаграммы (ФСД)

Функционально-стоимостная диаграмма позволяет выявить подлежащие оптимизации функции на основе сравнительной оценки выраженных в относительных единицах значимости (важности) функций и их стоимости.

Для этого, с одной стороны, функции объекта оцениваются по своей значимости (важности) в реализации назначения объекта в целом, а, с другой стороны, определяются относительные затраты по функциям (отношение абсолютных затрат на функцию к суммарным абсолютным затратам на объект в целом). Затем по функциям одного уровня (по объекту в целом, по его основным и вспомогательным функциям) строится функционально-стоимостная диаграмма (ФСД) – см. рис.5.18.



Рис.5.18. Функционально-стоимостная диаграмма (пример)

На ФСД в **верхней** части показывается распределение функций по их важности, а в **нижней** – по затратам на каждую из них (в относительных долях от общих затрат на объект), что позволяет определить **степень соответствия затрат** ( $S_{F_i}$ ) **относительной важности** ( $B_{F_i}$ ) **каждой функции**.

Бесполезные для объекта и вредные элементы и их функции присутствуют в первую очередь **в зонах рассогласования** между затратами и важностью функций. Соответственно, оптимизации в первую очередь должны подвергаться функции, важность которых значительно меньше, чем удельный вес затрат на их проявление в общих затратах на объект.

На аналогичных принципах вместо функционально-стоимостной диаграммы может быть построена диаграмма по некоторому техническому или иному параметру использования, например **функционально-надежностная диаграмма (ФНД)**.

**3. Подход на основе наибольшего удельного веса затрат** на функцию в общих затратах на объект.

#### **4. Учет опыта эксплуатации ранее освоенного варианта объекта**

Например, если опыт эксплуатации объекта показал низкую надежность одного из его структурных элементов (блоков), но этот элемент (блок) не попал в зону затратноёмких элементов, его целесообразно также включить в группу объектов для внутренней оптимизации.

#### **5. Комбинированный подход**

Комбинированный подход к выбору внутреннего объекта для дальнейшей оптимизации заключается в использовании нескольких выше рассмотренных подходов. Например, выявив на основе функционально-стоимостной

диаграммы подлежащие оптимизации функции, по функционально-структурной модели определяют реализующие их носители и если эти носители попали в зону затратноёмких элементов на диаграмме Парето, то они должны быть рассмотрены в качестве первоочередных объектов для внутреннего ФСА.

Таким образом, задача совершенствования анализируемого объекта может быть поставлена на основе анализа идеальной и реальной функциональных структур объекта, выявления диспропорций в значимости и затратах на функции, а также на основе иных рассмотренных выше подходов.

### **Контрольные вопросы к главе 5**

1. Назовите три основных понятия в ФСА и объясните их сущность.
2. Какие работы выполняются на этапе функционального анализа объекта?
3. Что означает термин «функция» в теории ФСА? Перечислите правила формулирования функций в ФСА.
4. Приведите примеры формулировок функций для технических и организационно-экономических объектов анализа.
5. Что характеризуют параметры использования функций?
6. Цель и сущность классификации функций по их назначению, по степени полезности.
7. Поясните сущность внешних и внутренних функций на примере:
  - мобильного телефона;
  - отдела труда и заработной платы предприятия.
8. Поясните сущность главных, второстепенных, основных и вспомогательных функций на примере:
  - светильника;
  - отдела сбыта предприятия.
9. Дайте характеристику функций «полезная», «нейтральная», «вредная». Приведите примеры.

10. Понятие и назначение носителей функций в ФСА. Приведите примеры носителей функций для технических и организационно-экономических объектов анализа.
11. Что может быть носителями функций в
- материальных объектах анализа;
  - организационных объектах анализа;
  - в программных продуктах.
12. Перечислите модели, которые необходимо построить на этапе функционального анализа.
13. Зачем строятся функциональная и функционально-структурная модели объекта анализа? В чем их принципиальное различие?
14. Что такое «значимость функции», «важность функции»? С какой целью используются эти понятия при проведении ФСА?
15. Каким образом можно количественно оценить значимость и важность функции?
16. Зачем выполняется проверка согласованности мнений экспертов?
17. Как оценить стоимость функции?
18. Как выбрать вид затрат, подлежащих оптимизации в ФСА? Приведите пример.
19. Раскройте понятие «функционально необходимые затраты» и назовите способы их оценки.
20. Какие затраты рассматривают при стоимостной оценке функций:
- материальных объектов (например, товаров);
  - информационных объектов (например, организационной структуры управления цехом)?
21. Как классифицируют показатели затрат в ФСА?
22. Каким образом можно определить, какие функции должны быть подвергнуты оптимизации?
23. Как строится и анализируется диаграмма Парето?
24. В чем сущность функционально-стоимостной диаграммы? Зачем она строится и какую полезную информацию позволяет получить?



## 6. Творческий этап ФСА

Творческий этап ФСА заключается в поиске альтернативных решений (технических, организационных, структурных) реализации функций, подлежащих дальнейшей оптимизации. К этой работе привлекаются эксперты – специалисты, компетентные в решении некоторой задачи (от латинского «*expertus*» – опытный).

При выполнении данного этапа ФСА целесообразно использовать *методы коллективного труда и активизации творчества*, самый простой из которых – *метод контрольных вопросов*.

Для решения технических задач, *не содержащих технических противоречий* (несоответствие размеров; завышение веса, класса обработки, точности; дорогие и дефицитные материалы; устаревшие решения и т.д.) или *содержащих разрешимые компромиссные технические противоречия* (подбор оптимальных параметров, совершенствование известных конструкций и т.д.), рекомендуется использовать различные методы активизации поиска новых технических решений, например, *метод мозговой атаки*.

Работа одного эксперта носит в значительной степени субъективный характер, что приводит к появлению недопустимых ошибок при принятии решений. С целью их избежания и повышения эффективности вырабатываемых решений рассматривают оценки нескольких экспертов. Разработаны методы оценки согласованности мнений экспертов (один из них изложен в п.5.9.4). В случае отсутствия согласованности мнений экспертов практикуется несколько десятков методов обеспечения согласованности этих оценок в процессе проведения экспертизы. Наиболее простой метод обработки экспертных оценок заключается в выведении среднего арифметического из оценок специалистов, однако этот метод применим главным образом в достаточно простых ситуациях, когда опрашиваемые эксперты примерно одинаково владеют вопросом. Существует ряд приемов, позволяющих повысить точность таких оценок. Наиболее распространенный среди них – *метод экспертных оценок «Делфи»*.

Работа на творческом этапе заканчивается, когда количество предложенных вариантов считается достаточным для выбора оптимального варианта. Все предложения заносят в *карточку идей* (табл.6.1).

**Таблица 6.1 – Карточка идей**

<i>Идея, подлежащая проработке</i>	<i>Достоинства</i>	<i>Недостатки</i>	<i>Принимается (+), Отклоняется (-)</i>

### **6.1. Метод контрольных вопросов**

Вначале необходимо *четко и максимально точно описать подлежащую оптимизации функцию* (назначение, параметры использования) *на понятном специалисту (эксперту) языке*.

Затем согласно *методу контрольных вопросов* [3] поиск решений стимулируется списками направляющих вопросов – каждому специалисту (эксперту) задача формулируется в виде ряда последовательно задаваемых вопросов, например:

1. *Действительно ли необходимы оптимизируемые функции? Если да, то необходимы ли предусмотренные для этих функций количественные характеристики (параметры использования)?*
2. *На каком другом принципе можно реализовать эти функции?*
3. *На какой другой элементной базе можно реализовать эти функции?*

### **6.2. Метод мозговой атаки**

*Мозговая атака (мозговой штурм)* – это метод коллективной генерации идей на основе стимулирования творческой активности участников обсуждения, которым предлагается высказывать как можно больше вариантов решения по обсуждаемой теме, в том числе самых фантастических. Затем (согласно принципу отложенного обсуждения) из общего числа высказанных

идей отбираются наиболее удачные, которые могут быть использованы на практике.

Разработаны различные модификации метода мозговой атаки [1, 2, 16]. Ниже рассмотрена одна из них.

Метод мозговой атаки – это один из наиболее применяемых методов экспертного оценивания, основная задача которого состоит в выявлении новых идей. Для этой цели организатор должен создать атмосферу, наиболее благоприятствующую генерированию идей, атмосферу благожелательности, поддержки, освобождающую экспертов от излишней скованности. Обсуждаемая проблема должна быть четко сформулирована, а любая идея должна быть обсуждена.

Во время мозговой атаки идеи записываются, но не оцениваются. Организатор должен исключить критику предложений экспертов. Мозговая атака проводится как собрание экспертов (специалистов), на выступления которых наложено одно, но очень существенное ограничение – нельзя критиковать предложения других. Разрешаются только высказывания новых идей и выступления в развитие предыдущих предложений. Метод мозговой атаки предполагает на начальном этапе «принудительный» опрос группы экспертов, а затем – лавинообразное высказывание мнений или идей: высказываемая одним из членов группы идея порождает либо творческую, либо критическую реакцию других. Однако в силу правила запрета на критику негативные реакции также порождают позитивные, продуктивные результаты. В ходе заседания эксперты, «заражаясь» друг от друга, высказывают все более экстравагантные соображения.

Когда записанное на магнитофон или видеокамеру заседание заканчивается, начинается анализ высказанных идей. Все идеи приводятся в логический порядок (формируется лист высказанных идей) и каждая обсуждается. Затем проводится жесткий отсев идей (на основе логики, а не эмоций). Каждую идею необходимо проанализировать, выделив плюсы и минусы. Цель – выбор подхода, имеющего наибольшие шансы быть реализованным на практике.

Для проведения мозговой атаки создаются две группы:

- участники команды, предлагающие новые варианты решения задачи;
- члены комиссии, обрабатывающие предложенные решения.

Оптимальная численность группы участников команды составляет 10-15 человек. Группа проводит одно или ряд заседаний (сессий коллективной генерации идей) продолжительностью от 45 минут до двух часов каждое.

Независимо от того, для решения каких проблем используется коллективная генерация идей, при проведении мозговой атаки необходимо руководствоваться следующими **правилами**:

- четко сформулируйте задачу мозговой атаки;
- выдвигайте идеи поочередно, всей группой;
- представляйте одну идею за раз;
- если необходимо, то передайте очередь выдвижения идеи соседу;
- не критикуйте и не обсуждайте никакие идеи (оценка предложений осуществляется позднее);
- приветствуется оригинальность и нетривиальность идей (чем необычнее идея, тем лучше);
- чем больше выдвигается идей, тем лучше, т.к. тем большая вероятность появления ценных идей;
- стройте свои идеи на мыслях других, комбинируя и усовершенствуя уже выдвинутые идеи;
- записывайте идеи.

Фазы мозговой атаки: генерация идей, уточнение, оценка. Эти фазы должны переходить одна в другую поочередно.

В течение **фазы генерирования идей** (первая фаза мозговой атаки) лидер (организатор) проговаривает с членами команды правила мозговой атаки, кратко излагает проблему, знакомит команду с объектом для мозговой атаки, уточняет его, определяет временные рамки заседания. Выбирается протоколист для того, чтобы записывать идеи. Когда начинается генерирование идей, каждый член команды включается в этот процесс и продолжает активную деятельность, пока не закончатся все идеи или не истечет отведенное на

заседание время. Ударение делается на количестве идей, а не на их качестве. Чем больше идей, тем лучше. Следует стремиться к тому, чтобы предложения поступали быстро. Хотя опыт проведения мозговых атак и показывает, что с увеличением числа предложений их качество падает, однако, в конечном счете, количество оригинальных предложений увеличивается.

В течение *фазы уточнения* (вторая фаза мозговой атаки) команда просматривает лист высказанных идей, чтобы убедиться, что каждый член команды понимает все пункты, занесенные в лист, а также предотвратить повторения. Не обсуждайте идеи, критика и дискуссия будут иметь место в течение фазы оценивания.

Наконец, в течение *фазы оценивания* (третья фаза мозговой атаки) команда вновь просматривает лист высказанных идей, чтобы вычеркнуть все неуместные предложения или идеи, которые не могут быть реализованы. Обычно из 100 идей 30 заслуживают дальнейшей проработки, а 2-3 оказываются в итоге приносящими полезный эффект. При этом интерпретация идей – творческий процесс. Например, при обсуждении возможностей защиты кораблей от торпедной атаки была высказана идея: «Выстроить матросов вдоль борта и дуть на торпеду, чтобы изменить её курс». После проработки эта идея привела к созданию устройств, создающих волны, сбивающие торпеду с курса.

Мозговая атака – это отличный прием для того, чтобы использовать творческое мышление команды, инструмент для актуализации творческого потенциала коллектива специалистов.

### **6.3. Метод экспертных оценок «Делфи»**

С точки зрения методики проведения опросов экспертов, в настоящее время наиболее совершенным считается метод, получивший название метода «Делфи» [15]. Этот метод относится к классу методов групповых экспертных оценок и представляет собой последовательное анкетирование мнений экспертов с использованием серии анкет, в каждой из которых содержатся информация и мнения, полученные из предыдущей анкеты.

В методе «Делфи» предусматривается создание условий, обеспечивающих наиболее продуктивную работу экспертной комиссии (группы экспертов). Это достигается, с одной стороны, анонимностью процедуры опроса каждого эксперта и, с другой стороны, обратной связью, позволяющей экспертам корректировать свои суждения с учетом промежуточных усредненных оценок и пояснений экспертов, высказавших крайние точки зрения.

Согласно методу «Делфи» сбор и обработка индивидуальных мнений экспертов производится, исходя из следующих *принципов*:

- вопросы в анкетах ставятся таким образом, чтобы можно было дать количественную характеристику ответам экспертов;
- опрос экспертов проводится в несколько туров, в ходе которых вопросы и ответы всё более уточняются;
- после каждого тура каждый опрашиваемый эксперт знакомится с ответами других участников опроса;
- эксперты, оценки которых сильно отличаются от мнения большинства, дают письменное обоснование своего мнения. Эти обоснования доводятся до сведения других участников опроса, что позволяет полнее учесть различные факторы;
- статистическая обработка полученных ответов производится после каждого тура с целью получения обобщающих характеристик. В итоге полученные средние значения выдаются заказчику как групповое мнение.

При использовании метода «Делфи» каждый эксперт, действующий независимо и обособленно от своих коллег, не общаясь с ними, после вынесения собственного суждения узнает среднестатистический результат по всей группе, а также знакомится с анонимными оценками других экспертов. С учетом этой информации он корректирует собственный прогноз, а конечным результатом снова считается средний показатель, который сообщается экспертам, и весь процесс повторяется.

Опросы экспертов по методу «Делфи» проводятся чаще всего в 4 тура. В первом туре экспертам сообщают цель экспертизы и формулируются вопросы, ответы на которые составляют основное содержание экспертизы. Вопросы для экспертов предъявляются в виде анкеты, иногда с пояснительной запиской. Информация, полученная от каждого эксперта, поступает в распоряжение аналитической группы, которая усредняет результаты. Экспертов, давших крайние оценки, просят письменно обосновать свое мнение. Во втором туре экспертам предъявляются усредненная оценка экспертной комиссии и обоснования экспертов (без указания авторства), высказавших крайние оценки. После получения дополнительной информации эксперты, как правило, корректируют свои оценки. Скорректированная информация вновь поступает в аналитическую группу. Третий и четвертый туры не отличаются от второго. *Характерная особенность* метода «Делфи» – уменьшающийся от тура к туру разброс оценок, их возрастающая согласованность. Опрос заканчивается тогда, когда, по мнению лица, принимающего решение, будет достигнуто «достаточная» согласованность оценок экспертов.

Таким образом, назначение метода «Делфи» состоит в ***выявлении преобладающего мнения специалистов по обсуждаемому вопросу в обстановке, исключающей прямые дебаты между ними, но позволяющей им вместе с тем снова и снова взвешивать свои суждения с учетом ответов и доводов коллег.*** Пересмотр и возможность изменения своих прежних оценок на основе выяснения соображений каждого из экспертов и последующий анализ каждым участником опроса совокупности причин, представленных экспертами, стимулируют опрашиваемых к учету факторов, которые они на первых порах склонны были опустить как незначительные. Метод «Делфи» дает возможность заменить прямые дебаты тщательно разработанной программой последовательных индивидуальных опросов (с помощью анкет) и, используя обратную связь, т.е. доводя до сведения экспертов мнение, полученное посредством рассчитанного согласованного мнения по предшествующим вопросам той или иной обсуждаемой проблемы, получить более уточненную оценку.

Среди *недостатков* метода «Делфи» следует отметить следующие:

- оценка, слишком сильно отличающаяся от других, практически исключается, несмотря на то, что она может оказаться более верной, чем остальные, т.е. большинство экспертов могут сойтись в ошибочной оценке. Правда, подобные отклонения компенсируются до некоторой степени тем, что по данному методу эксперта, не согласного с большинством, просят высказать причины несогласия. Все эксперты имеют возможность ознакомиться с этими причинами и могут принять во внимание или отвергнуть их, переоценить свое мнение или остаться при нем;
- ответы высококомпетентных экспертов разбавляются оценками менее информированных специалистов.

### **Контрольные вопросы к главе 6**

1. С какой целью к проведению ФСА привлекаются эксперты?
2. Кто может рассматриваться на роль эксперта на творческом этапе ФСА?
3. Какие основные методы экспертного оценивания используются при выполнении работ по ФСА, в том числе на творческом этапе?
4. Поясните основные задачи этапа творчества.
5. Что такое «карточка идей»?
6. Когда заканчивается работа на творческом этапе ФСА?
7. Как организуется поиск новых вариантов реализации функций методом контрольных вопросов?
8. Как Вы понимаете стимулирующую роль направляющих вопросов в методе контрольных вопросов?
9. В чем состоит сущность метода мозговой атаки?
10. Какими правилами руководствуются при проведении мозговой атаки?
11. Основное назначение метода экспертных оценок «Делфи».
12. Сформулируйте принципы сбора и обработки индивидуальных мнений экспертов согласно методу «Делфи».



## 7. Исследовательский этап ФСА

На этом этапе выполняется анализ предложенных альтернативных решений и выбор оптимального варианта реализации оптимизируемых функций.

По каждой оптимизируемой функции выбор оптимального варианта решения осуществляется в следующем порядке.

1. Отбор практически (технически, организационно, структурно) осуществимых вариантов.
2. Проверка отобранных вариантов на удовлетворение требований, предъявленных к функциям, или на соответствие требованиям технического задания. Оценивание отобранных вариантов может выполняться:
  - на основе параметров использования;
  - на основе балльной оценки.
3. Обоснование *критерия оптимальности* решения, который практически всегда вытекает из сформулированной на подготовительном этапе цели ФСА, причем критериев может быть не один, а несколько. Каждый критерий оптимальности должен быть *формализован показателем*.
4. Выбор оптимальных решений реализации функции по предварительно обоснованному *неэкономическому* критерию (например, по максимуму надежности).
5. Выбор оптимального решения реализации функции по *экономическому* критерию – минимуму затрат.

**Критериями** такого выбора могут быть:

- минимум абсолютных затрат (например, прямых производственных)

$$S_{F_i} \rightarrow \min ;$$

- минимум удельных затрат на единицу главного параметра;
- минимум (максимум) значения параметра использования (например, минимум занимаемой памяти вычислительной машины, максимум

производительности, максимум точности, максимум надежности, минимум энергопотребления, максимум быстродействия и т.п.) и др.

### Исследование и оценка вариантов

При оценивании степени удовлетворения отобранными вариантами требований, предъявленных к оптимизируемой функции, может применяться **метод оценки вариантов по среднему баллу** [1]. Этот метод чаще всего используют, если функция не описывается параметрами использования, но метод применим и в общем случае.

Согласно методу оценки вариантов по среднему баллу вначале по шкале балльных оценок, представленной в табл.7.1, оценивается степень удовлетворения требований каждой функцией, реализующей оптимизируемую функцию, по каждому оцениваемому варианту решения.

**Таблица 7.1 – Оценка в баллах степени удовлетворения свойства (функции)**

Баллы	Оценка	Ошибки
1 – 1,9	Хорошо	Ошибки почти отсутствуют
2 – 2,9	Удовлетворительно	Терпимые ошибки
3 – 3,9	Едва удовлетворительно	Ошибки сильно сказываются
4	Неудовлетворительно	Нетерпимые ошибки

На основе полученных балльных оценок для каждого варианта рассчитывается *средний балл* по оптимизируемой функции  $F$ :

$$P_{cp.F} = \sum_{i=1}^{n_F} B_{F_i} \cdot P_{F_i},$$

где

$F_i$  -  $i$ -тая функция, реализующая оптимизируемую функцию  $F$ ;

$B_{F_i}$  - относительная важность  $i$ -той функции по отношению к объекту в целом;

$P_{F_i}$  - степень удовлетворения свойства (функции) в баллах;

$n_F$  - число функций, реализующих оптимизируемую функцию.

Средний балл в первом приближении определяет «*виды на успех*» каждого анализируемого варианта решения.

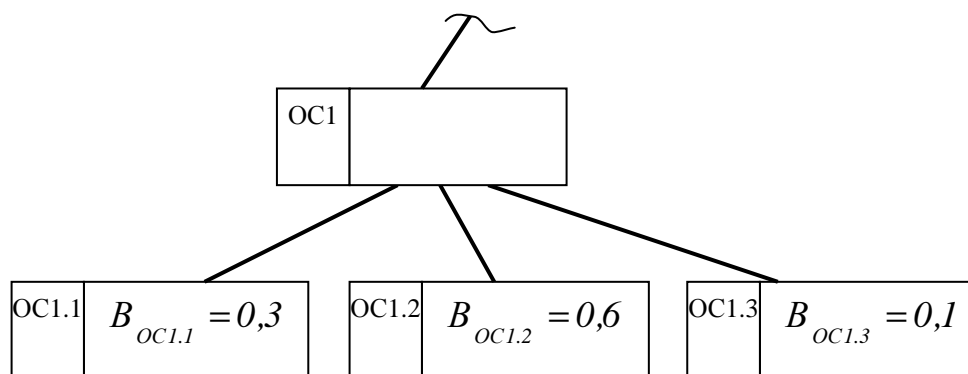
Итоговая оценка по варианту реализации функции выставляется на основе среднего балла по шкале, приведенной в табл.7.2.

**Таблица 7.2 – Оценка варианта реализации функции по среднему баллу**

Оценка	Благоприятно	Приемлемо	Неудовлетворительно
Средний балл ( $P_{ср.Ф}$ )	$\leq 1,7$	$> 1,7$ и $< 2,6$ $\approx 2,2$	$\geq 2,6$

**Пример.**

Пусть исследуются три практически осуществимых варианта реализации функции ОС1 (фрагмент функциональной модели представлен на рис.7.1). Показатели степени удовлетворения свойства (функции ОС1) в баллах по исследуемым вариантам приведены в табл.7.3. Выполним анализ исследуемых вариантов реализации функции ОС1 по среднему баллу.



**Рис.7.1. Фрагмент функциональной модели (пример)**

**Таблица 7.3 – Оценка в баллах степени удовлетворения свойства (функции)**

Номер варианта решения	Степень удовлетворения свойства по функциям		
	ОС1.1	ОС1.2	ОС1.3
Первый	1,5	2,4	1,7
Второй	2,5	4	1,6
Третий	2	3	1

Тогда средний балл по анализируемым вариантам решения:

$$P'_{cp.OC1} = 0,3 \cdot 1,5 + 0,6 \cdot 2,4 + 0,1 \cdot 1,7 = 2,06;$$

$$P''_{cp.OC1} = 0,3 \cdot 2,5 + 0,6 \cdot 4 + 0,1 \cdot 1,6 = 3,31;$$

$$P'''_{cp.OC1} = 0,3 \cdot 2 + 0,6 \cdot 3 + 0,1 \cdot 1 = 2,5.$$

В данном примере из трех анализируемых вариантов следует выбрать первый и третий, получившие по среднему баллу оценку «приемлемо». Окончательный выбор между первым и третьим вариантами следует сделать по дополнительному критерию – например, по минимуму затрат.

Если анализируемые варианты реализации функции необходимо подвергнуть оценке *по нескольким критериям одновременно* (например, по точности и надежности; производительности и энергопотреблению; точности, быстрдействию, экономичности и затратам и т.д.), то должны быть определены:

- основные критерии оптимального варианта;
- критериальные показатели (показатели сравнения);
- соответствие между количественными значениями показателей сравнения и оценками степени их удовлетворения в баллах;
- экспертно оценен вес каждого критерия, используя *метод расстановки приоритетов*.

Например, в табл. 7.4 показано, что анализируемые варианты будут оцениваться по трем критериям. По каждому критерию определен показатель сравнения. Установлены количественные соответствия между значениями показателей сравнения и оценками в баллах степени удовлетворения оцениваемых свойств. Используя метод расстановки приоритетов, каждый из трёх экспертов самостоятельно заполнил матрицу смежности в части расстановки приоритетов между критериями по их важности. После обработки матриц смежности был определен абсолютный вес ( $G_i^{abc}$ ) каждого критерия. Полученные результаты усреднены. Средние абсолютные веса критериев

$(\bar{G}_i^{abc})$  позволят в дальнейшем определить относительный вес  $(g_i = \bar{G}_i^{abc} / \sum_i \bar{G}_i^{abc})$ , с которым оценки в баллах степени удовлетворения каждому критерию должны быть учтены при расчете средних баллов по анализируемым вариантам.

**Таблица 7.4 – Основные критерии оптимального варианта (пример)**

Критерий выбора варианта	Показатель сравнения	Значение показателя, соответствующее оценке				Предложенный экспертами абсолютный вес критерия $(G_i^{abc})$			
		Хорошо 1 – 1,9	Удовл. 2 – 2,9	Едва удовл. 3 – 3,9	Неуд. 4	I эксперт	II эксперт	III эксперт	Средний вес
Максимальная надежность	Наработка на отказ, часов	$< \infty$ $\geq 7000$	$< 7000$ $\geq 6000$	$< 6000$ $\geq 5000$	$< 5000$	7	9	5,5	7,17
Максимальная экономичность	КПД, отн.ед.	$< 1,0$ $\geq 0,9$	$< 0,9$ $\geq 0,7$	$< 0,7$ $\geq 0,6$	$< 0,6$	7	9	8	8
Минимум затрат на изготовление	Прямые затраты, грн./шт.	$> 0$ $\leq 36$	$> 36$ $\leq 38$	$> 38$ $\leq 50$	$> 50$	11,5	9	11,5	10,67

### Контрольные вопросы к главе 7

1. В чем состоит отличие исследовательского этапа ФСА от творческого этапа ФСА?
2. Как Вы понимаете термин «альтернативные варианты решения»?
3. Изложите порядок выбора оптимального варианта решения по оптимизируемой функции.
4. Что такое «критерий оптимальности решения»?
5. Назовите возможные критерии выбора оптимального варианта решения из анализируемых альтернативных вариантов.
6. Сущность метода оценки вариантов по среднему баллу.
7. Когда требуется экспертная оценка веса каждого критерия оптимального варианта решения?

## 8. Контроль знаний по ФСА

### 8.1. Тесты единичного выбора

*Выберите один правильный ответ:*

1. Область использования ФСА:

- 1) только экономические системы;
- 2) только социальные системы;
- 3) только технические системы;
- 4) только информационные системы;
- 5) только системы управления;
- 6) любые системы.

2. Функция, для осуществления которой создан объект, называется:

- 1) основной;
- 2) главной;
- 3) внешней;
- 4) вспомогательной;
- 5) внутренней;
- 6) полезной.

3. Модель, показывающая взаимосвязь функций объекта и носителей функций, называется:

- 1) структурной;
- 2) функциональной;
- 3) функционально-стоимостной диаграммой;
- 4) функционально-структурной моделью;
- 5) диаграммой Парето;
- 6) диаграммой функций.

4. Когда используется балльная оценка степени удовлетворения анализируемого варианта решения техническим требованиям, предъявленным к оптимизируемой функции:

- 1) при определении объекта для внутреннего ФСА сложного технического изделия;
- 2) если оптимизируемая функция характеризуется одним параметром использования;
- 3) при оценке значимости (важности) функций;
- 4) при стоимостной оценке функций;
- 5) при исследовании и оценке рассматриваемого варианта технического решения оптимизируемой функции.

5. Какая из перечисленных характеристик выражает функцию объекта:

- 1) параметр объекта;
- 2) свойство объекта;
- 3) показатель эффективности производства объекта;
- 4) показатель затрат;
- 5) показатель производительности труда.

## **8.2. Тесты множественного выбора**

*Выберите несколько правильных ответов:*

6. Из приведенных принципов выберите те, которые относятся к ФСА:

- 1) синергизм;
- 2) системный подход;
- 3) специализация;
- 4) функциональный подход;
- 5) параллельность;
- 6) предметный подход.

7. Из перечисленных ниже функций вентилятора выберите внутренние:

- 1) создавать поток (воздуха);
- 2) иметь вид (эстетичный);
- 3) вводить энергию (электрическую);
- 4) преобразовывать энергию (электрическую в механическую);
- 5) регулировать скорость движения потока воздуха.

### 8.3. Тест альтернативного выбора

8. На основе данных, представленных в таблице, установите правильность решения о необходимости оптимизации функций:

- |              |      |       |
|--------------|------|-------|
| 1) F1 и F2   | «Да» | «Нет» |
| 2) только F1 | «Да» | «Нет» |
| 3) только F2 | «Да» | «Нет» |

Показатель / Функция	Важность функции	Доля затрат в общей стоимости объекта, %
F1	0,1	20
F2	0,4	60

### 8.4. Задачи

В задачах используются следующие обозначения:

ГЛ - главная функция;

ВТ - второстепенная функция;

ОС - основная функция;

ВС - вспомогательная функция;

$r_{F_i}$  - относительная значимость функции  $F_i$  по отношению к ближайшей вышестоящей функции (для внешней функции – по отношению к объекту в целом);

$S_{n_i}$  - затраты на  $i$ -тый носитель функции.

**Задача 1.** Расставьте этапы ФСА в порядке их проведения:

- ( ) этап творчества;
- ( ) реализация принятых решений на практике;
- ( ) информационный;



- ( ) рекомендательный;
- ( ) функциональный анализ;
- ( ) выбор оптимального варианта решения;
- ( ) подготовительный.

**Задача 2.** Приведенные ниже функции *радиоприемника* классифицируйте на главные, основные и второстепенные:

- работать в качестве усилителя электрических сигналов;
- принимать радиоволны;
- регулировать тембр;
- воспроизводить радиопередачи;
- индцировать режимы работы.

**Задача 3.** Из названных ниже функций *карманного микрокалькулятора* выберите главные и второстепенные:

- иметь размеры и форму, удобные для карманного ношения;
- осуществлять вычислительные операции;
- иметь возможность к увеличению памяти;
- иметь альтернативный источник питания (солнечная батарея);
- иметь подсветку (индикатора).

**Задача 4.** Классифицируйте приведенные ниже функции *светильника* по области их проявления и постройте фрагмент функциональной модели:

- 1) освещать аудиторию (учебную);
- 2) иметь вид (эстетичный);
- 3) преобразовывать энергию (электрическую в световой поток);
- 4) подводить энергию (электрическую);
- 5) обеспечивать крепление (к потолку);
- 6) рассеивать свет;
- 7) быть безопасным;
- 8) менять направление (светового потока).

**Задача 5.** Постройте и проанализируйте функционально-стоимостную диаграмму на основе следующих данных:

Индекс функции	Относительная значимость функции	Затраты на функцию, грн.
F1	0,20	240,00
F2	0,25	144,00
F3	0,10	120,00
F4	0,15	216,00
F5	0,30	480,00

**Задача 6.** Постройте и проанализируйте функционально-стоимостную диаграмму на основе следующих данных:

Индекс функции	Относительная значимость функции	Затраты на функцию, грн.
F1.1	0,5	800,00
F1.2.1	0,8	1000,00
F1.2.2	0,2	500,00
F1.3	0,4	700,00
F1.4	0,05	300,00
F1.2	0,05	?

**Задача 7.** Воспользовавшись методом «ABC», определите последовательность оптимизации ниже приведенных элементов объекта анализа.

№ элемента	Количество в изделии, шт.	Затраты на изготовление, грн./шт.
1	1	15,00
2	10	5,00
3	2	10,00
4	3	2,00

**Задача 8.** Определите очередность проведения ФСА внутренних элементов изделия, используя следующие данные:

Наименование элемента	Количество, шт.	Прямые затраты на изготовление или приобретение, грн./шт.
Корпус	1	100,00
Плата 1	1	800,00
Регулятор (покупной)	1	1200,00
Крышка	1	150,00
Винты	60	5,00
Прокладка	4	20,00
Плата 2	1	120,00
Трансформатор	1	70,00

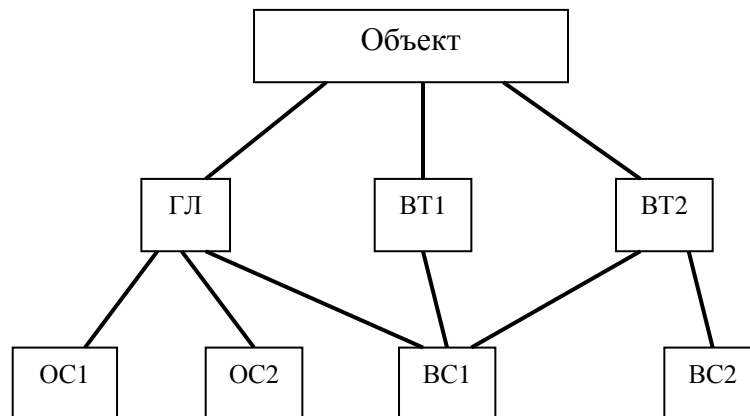
**Задача 9.** Определите относительную важность функций методом попарного сравнения, если таблица «Численная оценка функций» имеет вид:

	<b>Б</b>	<b>В</b>	<b>Г</b>	<b>Д</b>	<b>Е</b>	<b>Ж</b>	<b>З</b>	<b>И</b>
<b>А</b>	А2	А2	А2	А2	А2	А1	А2	А2
	<b>Б</b>	Б1	Б1	Б1	Б1	Ж2	З1	Б2
	<b>В</b>		В1	В1	В1	Ж1	З2	В1
	<b>Г</b>			Г1	Г1	Ж1	Г1	Г1
	<b>Д</b>				Е1	Ж2	З2	Д1
	<b>Е</b>					Ж2	Е1	Е1
	<b>Ж</b>						Ж2	Ж2
	<b>З</b>							З3

**Задача 10.** Материальный носитель реализует три функции, относительные значимости которых:  $r_{F1} = 0,15$ ;  $r_{F2} = 0,8$ ;  $r_{F3} = 0,05$ . Определите стоимость функции F1, если затраты на материальный носитель 1000,00 грн.

**Задача 11.** Назовите элементы затрат, которые будут оптимизироваться в ходе проведения ФСА, если объект анализа – мощное электроустройство, а цель ФСА – минимизировать потребляемую электрическую мощность этого электроустройства.

**Задача 12.** Найдите ошибку, допущенную при построении функциональной модели объекта (см. рис.8.1), и предложите способ ее устранения.



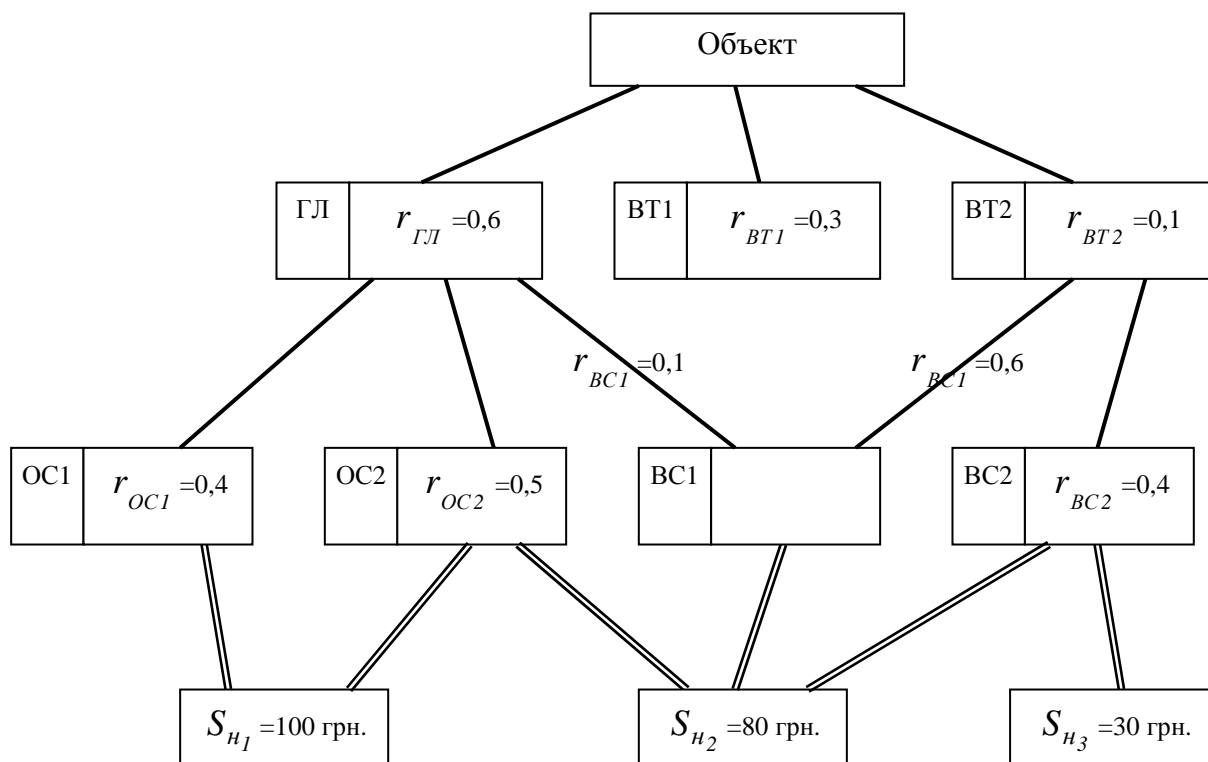
**Рис. 8.1.** Функциональная модель объекта к задаче 12

**Задача 13.** Определите степень согласованности мнений экспертов, которые оценивали важность функций, приняв за меру согласованности их мнений коэффициент конкордации:

Эксперты \ Функции	I	II	III	IV	V
F1	4	1,5	4	4	3
F2	3	4	3	2	4
F3	1	1,5	1,5	1	1
F4	2	3	1,5	3	2

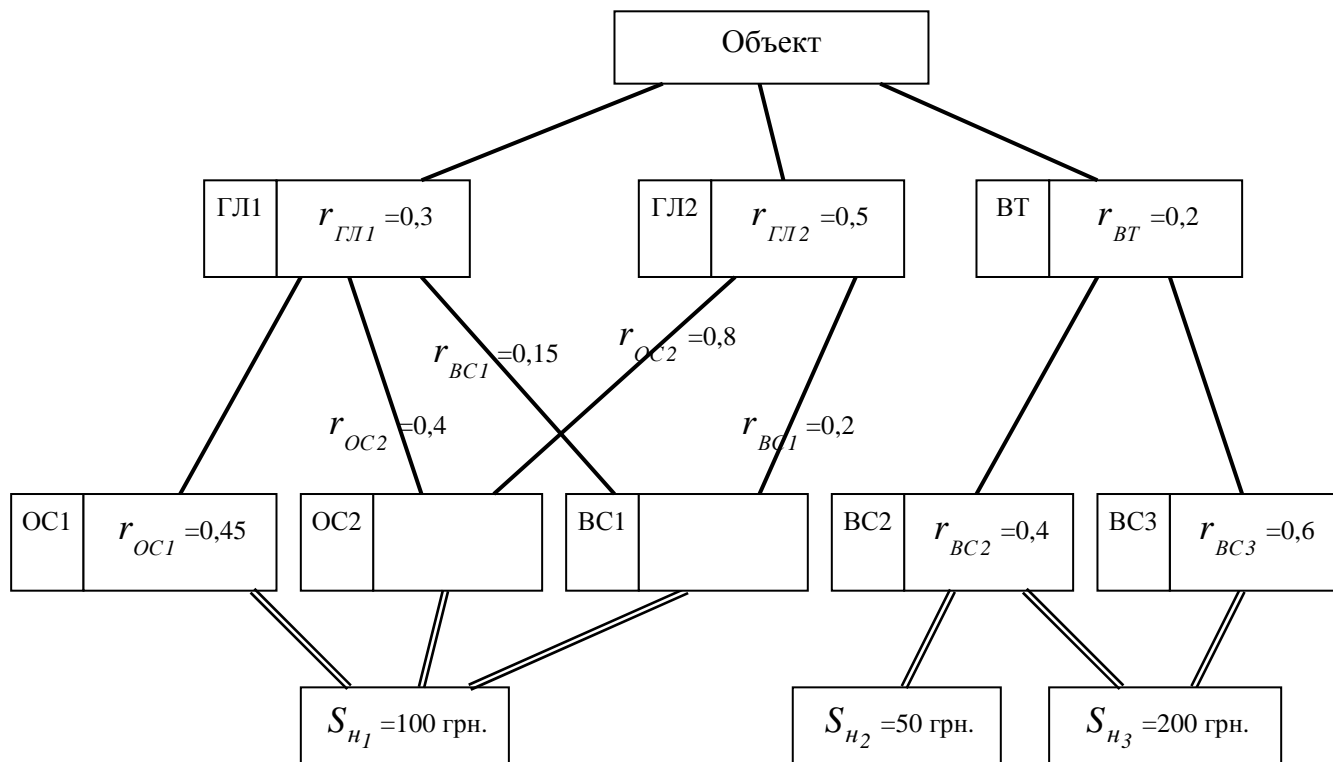
**Задача 14.** По приведенной на рис.8.2 функционально-структурной модели объекта:

- определите стоимость каждой внутренней функции;
- методом «АВС» определите порядок оптимизации внутренних функций;
- постройте и проанализируйте функционально-стоимостную диаграмму.



**Рис. 8.2.** Функционально-структурная модель объекта к задаче 14

**Задача 15.** Постройте диаграмму Парето по внутренним функциям объекта и определите функции, которые в первую очередь необходимо подвергнуть оптимизации. Функционально-структурная модель объекта представлена на рис. 8.3.



**Рис.8.3.** Функционально-структурная модель объекта к задаче 15

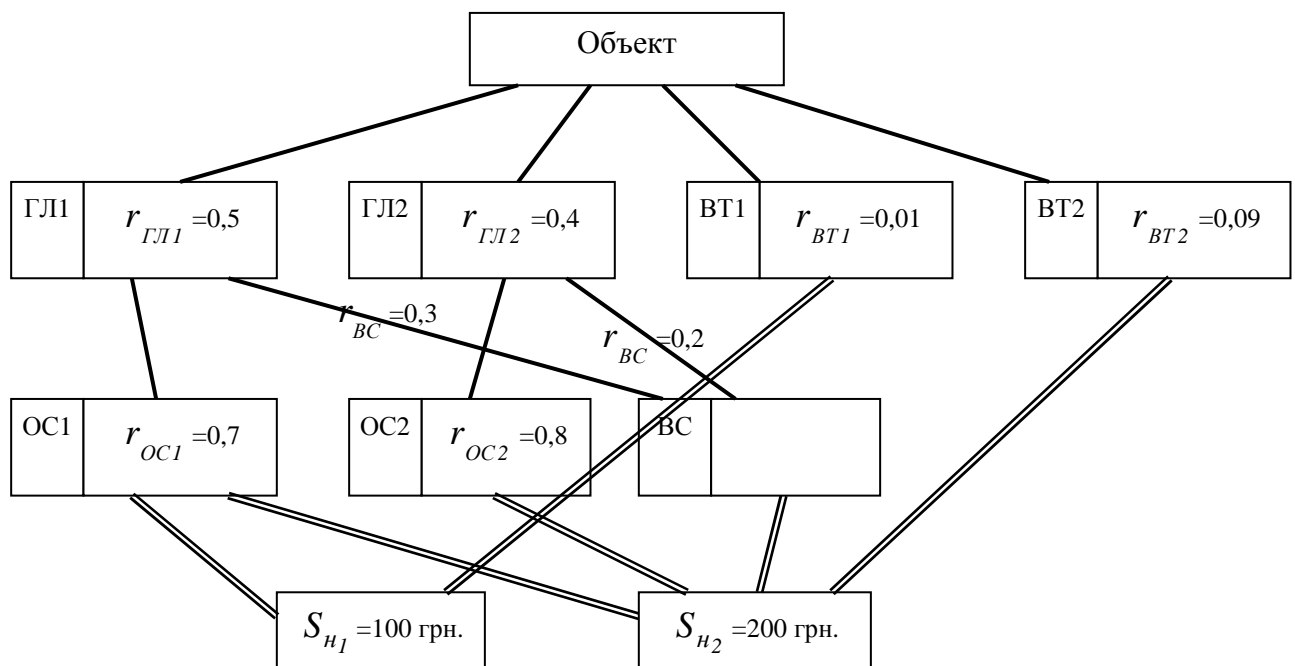
**Задача 16.** Найдите ошибки, допущенные при формулировании функций и построении функциональной модели утюга электрического (см. рис.8.4), и устраните их.



**Рис.8.4.** Функциональная модель утюга электрического к задаче 16

**Задача 17.** По приведенной на рис.8.5 функционально-структурной модели объекта определите:

- стоимость функций ОС1;
- стоимость функций ГЛ1;
- относительную важность функции ВС по отношению к объекту в целом;
- порядок оптимизации внутренних функций объекта.



**Рис.8.5.** Функционально-структурная модель объекта к задаче 17

**Задача 18.** Методом чистой текущей стоимости оцените эффективность проведения ФСА, если единовременные затраты на него составят 120 тыс.грн., а прогнозируемый ежегодный прирост чистой прибыли по годам составит соответственно 0 тыс.грн.; 25 тыс.грн.; 40 тыс.грн.; 60 тыс.грн.; 40 тыс.грн. Норма дисконта – 25 %.

**Задача 19.** Определите срок окупаемости затрат на проведение ФСА с учетом дисконтирования, если годовая норма дисконта 26,6%, а чистый доход по годам оценки, тыс.грн.:

-2000      -700      +1400      +2000      +2500

**Задача 20.** Эффективно ли проведение на предприятии ФСА изделия «А», если единовременные затраты на ФСА составляют 64 тыс.грн., а хозяйственная среда характеризуется следующими показателями:

до ФСА:

- объем производства изделия «А» – 4000 шт./год;
- отпускная цена изделия «А» – 130 грн./шт.;
- себестоимость изделия «А» – 100 грн./шт., в том числе переменные издержки – 55 грн./шт.;

после ФСА:

- объем производства изделия «А» увеличится на 30% и будет неизменным в течение 4 лет;
- переменные издержки уменьшатся на 2 грн./шт.

Горизонт расчета – 4 года. Изделие неподакцизное. Ставка налога на добавленную стоимость – 20%; ставка налога на прибыль – 25%, годовая норма дисконта – 18%.

**Задача 21.** Определите эффективность ФСА, если инвестиции в его проведение осуществляются в течение 2-х лет и составили 60 тыс.грн., в том числе в 1-й год – 40 тыс.грн., во 2-й год – 20 тыс.грн., а начиная со второго года операционная прибыль предприятия возрастает на 15 тыс.грн./год. Горизонт расчета – 5 лет. Ставка налога на прибыль – 25%. Годовая норма дисконта – 21%.

**Задача 22.** Оцените эффективность ФСА, если затраты на его проведение составили 80 тыс.грн. и осваивались 2 года равными долями ежегодно. Начиная со второго года годовая операционная прибыль предприятия возрастет на 20 тыс.грн./год. Период жизни инвестиций – 4 года, ставка налога на прибыль – 30%. Норма дисконта – 18 % в год.

## 8.5. Творческие задания

**Задание 1.** Приведите примеры не менее пяти различных по физической сущности объектов ФСА.

**Задание 2.** Поясните принцип ФСА «системный подход» на конкретном объекте анализа.

**Задание 3.** Сформулируйте не менее пяти функций (внешних) *отдела маркетинга* и классифицируйте их на главные и второстепенные.

**Задание 4.** На конкретном объекте анализа поясните смысл понятий «полезные» и «бесполезные» функции.

**Задание 5.** Поясните сущность стоимостной оценки функций и проиллюстрируйте на какой-либо функции услуги «мобильная связь» для различных стадий жизненного цикла этой услуги (услугу можно заменить материальным телом).

**Задание 6.** Сформулируйте пять функций *легкового автомобиля* и методом расстановки приоритетов установите их относительную значимость.

**Задание 7.** Задайтесь шестью функциями *электроутюга* (три – внешние, три – внутренние) и постройте фрагмент функциональной модели.

**Задание 8.** Сформулируйте внешние и внутренние функции для *настольной лампы*. Постройте функциональную (двухуровневую) модель, структурную модель и функционально-структурную модель. Установите относительную значимость и важность внутренних функций.



# Приложение 1.

## Построение функционально-структурной модели технического объекта (на примере электропаяльника бытового ЭПСН-40/220)

### *Шаг 1. Характеристика объекта*

Источник информации об изделии – паспорт на «Электропаяльник бытовой ЭПСН-40/220».

### *Шаг 1.1. Назначение объекта*

Назначение электропаяльника, сформулированное в его паспорте:

«Электропаяльник бытовой ЭПСН-40/220 предназначен для мелких паяльных работ оловянно-свинцовыми припоями».

### *Шаг 1.2. Параметры использования объекта*

Технические данные электропаяльника бытового ЭПСН-40/220

Питающая сеть:	номинальное напряжение - 220 В
	род тока - постоянный или переменный частотой 50 Гц
Номинальная потребляемая мощность	- 40 Вт
Класс защиты	- 0
Рабочая температура паяльного стержня	- 300 - 400 °С
Время разогрева до рабочей температуры	- 8 мин.
Габаритные размеры	- длина 290 мм, диаметр 40 мм
Масса	- 0.15 кг.

### *Шаг 1.3. Описание принципа действия объекта*

Описание принципа действия целесообразно выполнять по *структурной схеме* объекта, на которой выделены самостоятельные функциональные части (блоки, узлы) анализируемого объекта, чаще всего реализуемые его сборочными единицами.

В случае отсутствия структурной схемы, можно использовать *принципиальную схему*.

### Описание принципа действия электропаяльника бытового ЭПСН-40/220 по структурной схеме (рис.П1.1)

После подключения с помощью *соединительного шнура* к питающей сети, электрический ток протекает через *нагревательный элемент*, обладающий высоким омическим сопротивлением. В результате электрическая энергия преобразуется в тепловую энергию, которая разогревает *паяльный стержень* до температуры плавления припоя, находящегося на *рабочей части жала*. Расплавленный припой с помощью *жала* переносится в зону пайки.

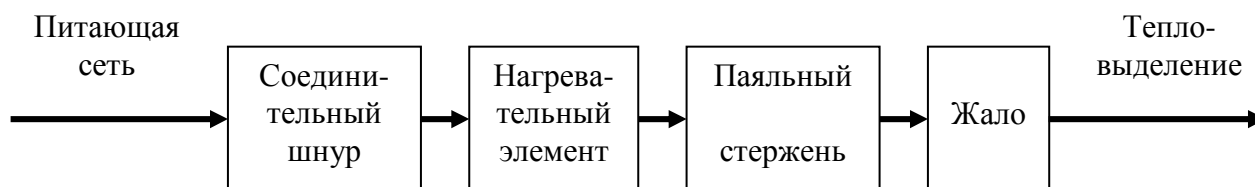


Рис. П1.1. Структурная схема электропаяльника бытового ЭПСН-40/220

### **Шаг 2. Целевое назначение объекта**

Рассматривая назначение и технические данные объекта как элементы его рекламы, сформулировать **целевое назначение** объекта, т.е. ответить на вопрос: «Что **действительно** нужно потребителю от объекта при его эксплуатации в рассматриваемой сфере применения?». Причем в целевом назначении необходимо определить все требования к объекту, в том числе и те, из которых впоследствии будут сформулированы второстепенные (обогащающие, конъюнктурные) функции. В противном случае второстепенных функций может быть сформулировано неограниченно много.

### Целевое назначение электропаяльника бытового ЭПСН-40/220

Из приведенного на Шаге 1.1 назначения электропаяльника следует, что он "...предназначен для мелких паяльных работ ...". Но *пайка, паяние* – это процесс получения неразъемного соединения заполнением зазора между соединяемыми металлическими деталями *расплавленным припоем* с его последующей кристаллизацией.

Поэтому **целевое назначение электропаяльника** следует сформулировать следующим образом:

«Электропаяльник бытовой предназначен для *расплавления и перенесения оловянно-свинцового припоя* в зону пайки при выполнении паяльных работ с обеспечением электрической и тепловой защиты потребителя».

### Шаг 3. Функциональные связи объекта с элементами внешней среды

Представить объект в виде «черного ящика» и выделить те элементы внешней среды, с которыми объект имеет функциональные отношения в рассматриваемой сфере его применения.

Функциональные связи электропаяльника представлены на рис.П1.2.

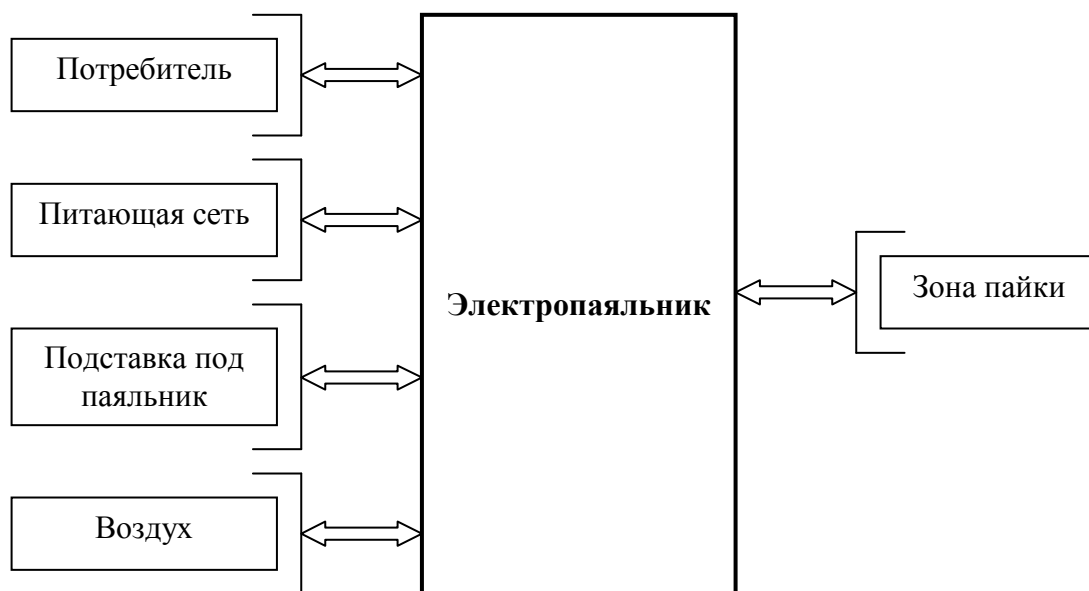


Рис. П1.2. Функциональные связи электропаяльника с элементами внешней среды

### Шаг 4. Определение и классификация внешних функций объекта

В целевом назначении объекта (Шаг 2) **выделить** (подчеркнуть) ключевые слова, характеризующие действия, свойства, опираясь на которые сформулировать по правилам ФСА **внешние функции** объекта и классифицировать их на **главные** (ГЛ) и **второстепенные** (ВТ). При этом не должно быть внешних функций, «указания» на существование которых отсутствуют в целевом назначении объекта.

**Внешние функции электропаяльника** (см. целевое назначение электропаяльника, сформулированное на Шаге 2):

- |     |                                                 |
|-----|-------------------------------------------------|
| ГЛ  | Расплавлять припой                              |
| ВТ1 | Переносить припой                               |
| ВТ2 | Обеспечивать изоляцию (электрическую, тепловую) |

### Шаг 5. Словесное описание внутриобъектных процессов

Составить словесное (рафинированное) описание процессов (функциональных преобразований, действий), происходящих в объекте. Для этого из описания принципа действия (см. Шаг 1.3) **исключить** указания на конкретное конструктивно-технологическое исполнение внутреннего содержания объекта, оставив только описание его внутренних функциональных связей.

#### Анализ описания принципа действия электропаяльника

«Соединительный шнур»  
«Нагревательный элемент»  
«Паяльный стержень»  
«Жало»

- **исключаем** из описания, т.к. это элементы рассматриваемого конкретного исполнения электропаяльника

«Питающая сеть»  
«Припой»  
«Зона пайки»

- **оставляем**, т.к. для электропаяльника это элементы внешней среды, а составляется словесное описание внутреннего содержания электропаяльника

«Сопротивление»

- **оставляем**, т.к. это не элемент, а свойство (характеристика, параметр)

#### Словесное (рафинированное) описание функционирования электропаяльника:

«После подключения напряжения оказывается сопротивление прохождению электрического тока. В результате электрическая энергия преобразуется в тепловую. Полученное тепло передается и концентрируется».

### Шаг 6. Функциональные входы и выходы объекта

Определить **функциональные входы** (внешние инициаторы внутренних процессов объекта) и **функциональные выходы** (внешние признаки достижения целей объекта).

#### Функциональные входы и выходы электропаяльника представлены на рис.П1.3



Рис. П1.3. «Вход – выход» электропаяльника

### **Шаг 7. Определение и классификация внутренних функций объекта**

Сформулировать **внутренние функции** исходя из целевого назначения объекта (см. Шаг 2) и принятого принципа построения объекта (внутренние функции отражают происходящие в объекте процессы в порядке их протекания от функциональных входов объекта к функциональным выходам объекта) и **классифицировать** их на *основные* (ОС) и *вспомогательные* (ВС).

Поскольку внутренние функции отражают конструктивно-технологические связи внутри объекта, то их формулирование производится на основе **расчленения** словесного (рафинированного) описания (см. Шаг 5) на информативные фрагменты и выделения в последних ключевых слов.

**Классификацию внутренних функций** на основные и вспомогательные выполняют по результатам следующего тестирования:

условно «вычеркиваем» функцию из перечня внутренних. Если хотя бы в одной (пусть даже гипотетической) ситуации объект будет функционировать в соответствии с принятым принципом его действия – функция вспомогательная, если нет – функция основная. И так с каждой внутренней функцией.

#### **Внутренние функции электропаяльника (см. словесное описание, сформулированное на Шаге 5):**

- ОС1**    Подключать напряжение
- ОС2**    Оказывать сопротивление (току)
- ОС3**    Преобразовывать энергию (электрическую в тепловую)
- ВС1**    Передавать тепло
- ОС4**    Концентрировать тепло

Функция **«Передавать тепло»** отнесена к вспомогательным функциям, т.к. для расплавления припоя тепловая энергия *обязательно* должна быть получена и сконцентрирована, хотя получение тепловой энергии и концентрацию тепловой энергии вполне можно совместить в пространстве и во времени. Тогда потребность в передаче тепла отпадёт.

### Шаг 8. Первичная двухуровневая функциональная модель объекта

Сформировать идеальный образ объекта через построение его *первичной* (базовой) *двухуровневой функциональной модели* (ПФМ). Поскольку ПФМ отражает идеальные представления об объекте, то все её функции должны отвечать на вопрос: «*Что должен делать?*».

**Первичная функциональная модель электропаяльника представлена на рис.П1.4**

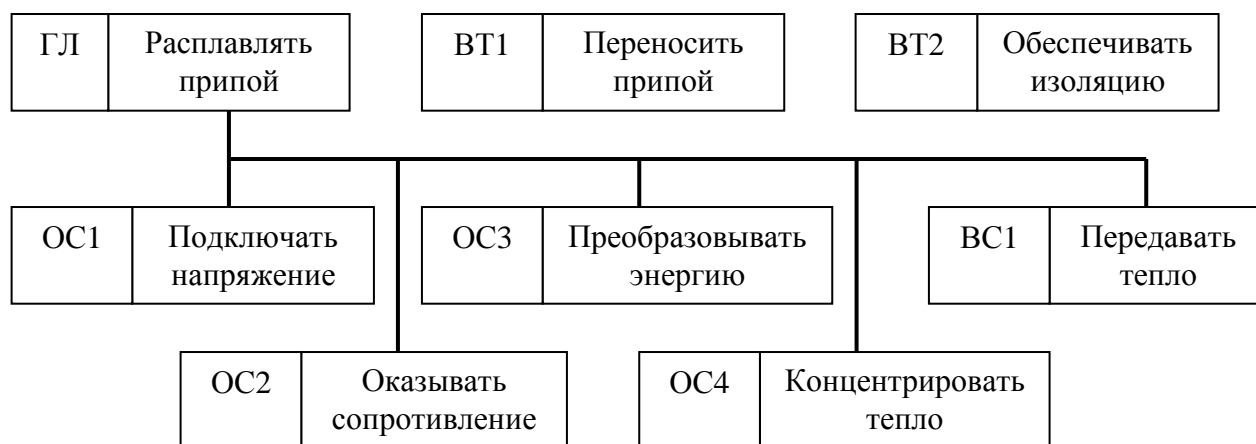


Рис. П1.4. Первичная функциональная модель электропаяльника

### Шаг 9. Внутренние элементы объекта

Выделить элементы конструкции (*носители функций, материальные носители*) возможного (существующего или предполагаемого) исполнения объекта. Данную работу целесообразно выполнять:

- для электронных устройств – по *принципиальной схеме* устройства;
- для изделий – по *сборочному чертежу* изделия;
- для подразделений предприятия – по *организационной структуре управления* предприятием, цехом, участком, отделом, службой.

Целесообразная глубина детализации определяется сложностью и объемом информации об объекте и существенно упрощается при наличии существующего варианта исполнения объекта.

## Состав сборочных единиц и деталей электропаяльника бытового ЭПСН-40/220:



### Шаг 10. Структурная модель объекта

В зависимости от сложности объекта построить его *структурную модель* (СМ) до уровня *сборочных единиц* (функциональных узлов, модулей) или *деталей* (элементов, операторов, групп операторов).

Состав элементов анализируемой модели электропаяльника (см. Шаг 9) свидетельствует о довольно сложной его структуре. Поэтому при первом рассмотрении целесообразно ограничиться уровнем сборочных единиц.

Структурная модель электропаяльника до уровня *сборочных единиц* (сб.) представлена на рис.П1.5.



(сб.) – сборочная единица

Рис. П1.5. Структурная модель электропаяльника

## Шаг 11. Функции структурных элементов объекта

Определить **целевое назначение** выделенных на структурной модели материальных носителей (МН) исходя из их **действительной роли** в реализации целей создания объекта. Причем в целевом назначении должны быть отражены **все** свойства данного МН, которые хоть как-то связаны с целями создания объекта.

В информативных фрагментах целевого назначения материального носителя **выделить** ключевые слова, опираясь на которые сформулировать функции материальных носителей (см. табл.П1.1).

Функциям материальных носителей присвоить коды. Например, код функции «*обеспечивает нагрев*» – 2.6. Первая цифра кода функции соответствует номеру элемента (2 – порядковый номер внешнего нагревателя), а вторая (6) – порядковому номеру выполняемой им функции.

**Таблица П1.1 – Функции структурных элементов электропаяльника**

№ МН	Наименование материального носителя (элемента конструкции)	Целевое назначение материального носителя	Код функции МН	Выполняемые материальным носителем функции (отвечают на вопрос: « <b>Что делает МН?</b> »)
1	2	3	4	5
1	Корпус в сборе (сб.)	- <b>рассеивает</b> тепло в окружающую среду;	1.1	Рассеивает тепло
		- фиксирует положение нагревателя (обеспечивает <b>жесткость</b> конструкции);	1.2	Обеспечивает жесткость (конструкции)
		- <b>предохраняет</b> пользователя от теплового ожога;	1.3	Обеспечивает изоляцию (тепловую)
		- создает удобство <b>перемещения</b> паяльного стержня в пространстве;	1.4	Способствует перемещению (в пространстве)
		- <b>изолирует</b> нагреватель от внешней среды.	1.5	Изолирует от среды (внешней)
2	Внешний нагреватель (сб.)	- оказывает омическое <b>сопротивление</b> электрическому току;	2.1	Оказывает сопротивление (току)
		- <b>преобразует</b> электрическую энергию в тепловую;	2.2	Преобразует энергию (электрическую в тепловую)
		- <b>передает</b> тепло паяльному стержню;	2.3	Передает тепло
		- обеспечивает электрическую <b>изоляцию</b> ;	2.4	Обеспечивает изоляцию (электрическую)



Продолжение табл.П1.1

1	2	3	4	5
		- обеспечивает механический <b>контакт</b> с паяльным стержнем;	2.5	Обеспечивает контакт (тепловой)
		- обеспечивает <b>нагрев</b> паяльного стержня;	2.6	Обеспечивает нагрев
		- <b>рассеивает</b> тепло.	2.7	Рассеивает тепло
3	Несъемный соединительный шнур (сб.)	- обеспечивает <b>подключение</b> к питающей сети, <b>безопасный подвод</b> напряжения к нагревателю и свободное <b>перемещение</b> в пространстве паяльного стержня.	3.1	Обеспечивает подключение (к сети)
			3.2	Подводит напряжение
			3.3	Обеспечивает изоляцию (электрическую)
			3.4	Способствует перемещению (в пространстве)
4	Паяльный стержень	- <b>концентрирует</b> тепло в ограниченном пространстве;	4.1	Концентрирует тепло
		- способствует обеспечению теплового <b>контакта</b> с зоной пайки при выполнении паяльных работ;	4.2	Способствует контакту (тепловому)
		- <b>ограничивает</b> перемещение относительно нагревателя;	4.3	Ограничивает перемещение
		- позволяет <b>переносить</b> припой в зону пайки;	4.4	Переносит припой
		- <b>рассеивает</b> тепло в окружающую среду.	4.5	Рассеивает тепло

**Шаг 12. Диаграмма функций объекта**

Определить соподчиненность функций материальных носителей объекта и построить диаграмму функций, используя приемы *методики FAST*. Для этого на отдельных карточках записать функции носителей и коды этих функций. Карточки с функциями расположить между границами объекта. За левой граничной линией расположить внешние функции. Функции, создающие необходимые условия для проявления свойств объекта разместить за правой граничной линией. Последовательно задавая по отношению ко всем функциям материальных носителей вопросы **«Как?»** («В результате чего?»), **«Почему?»** («Зачем?») и **«Когда?»**, определить взаимное расположение функций. Функции, осуществляемые постоянно, расположить в верхнем правом углу.

**Диаграмма функций электропаяльника представлена на рис.П1.6**

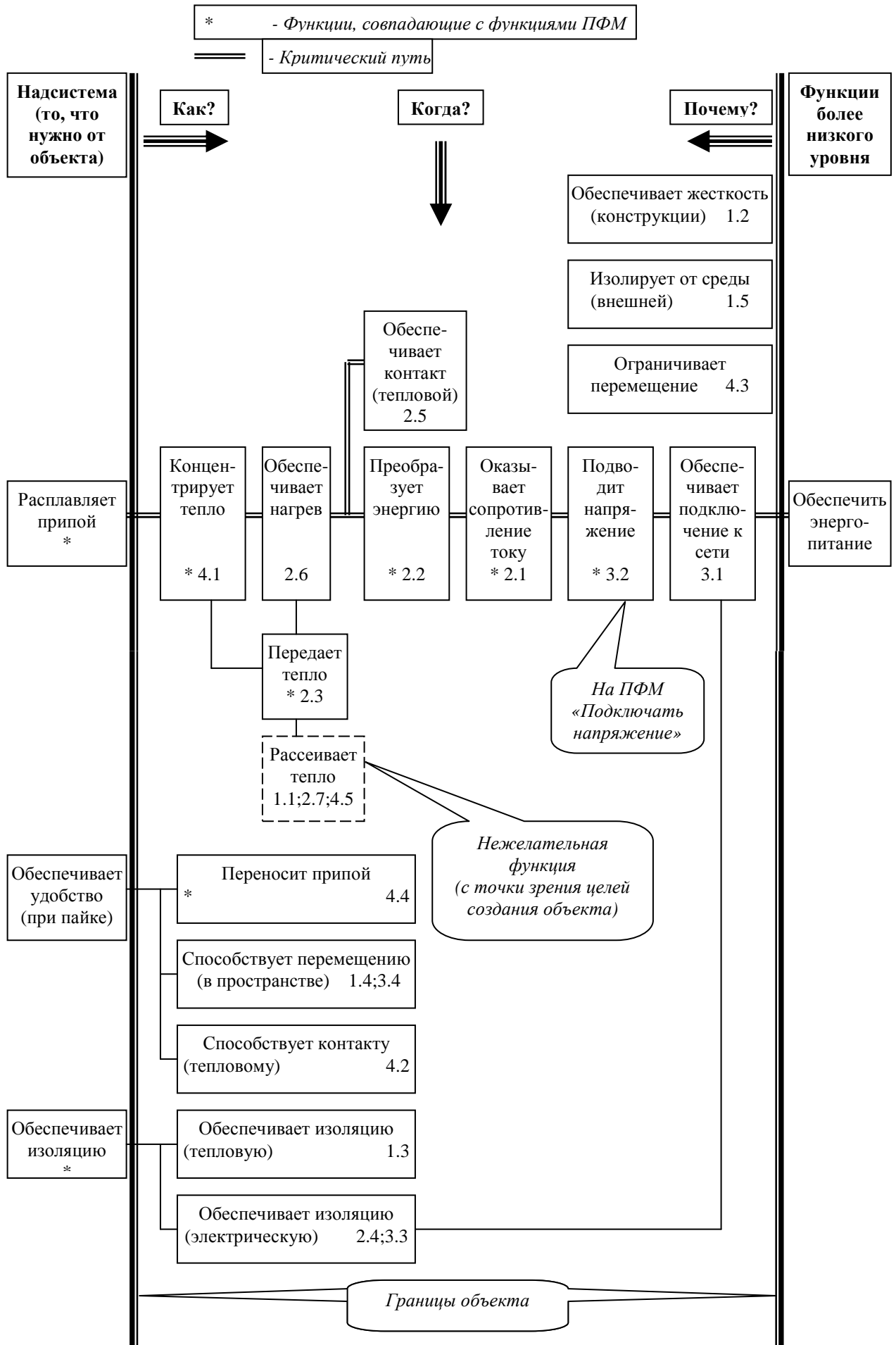


Рис. П1.6. Диаграмма функций электропаяльника

### ***Шаг 13. Скорректированная диаграмма функций объекта***

На диаграмме функций (ДФ) отметить (например, знаком «\*») функции, имеющие место и на первичной функциональной модели (ПФМ).

Если функция, отражающая одно и то же свойство объекта, на ДФ и ПФМ сформулирована по-разному, принять решение о её более точной формулировке.

На диаграмме функций электропаяльника (рис.П1.6) есть функция «Подводит напряжение», а на первичной функциональной модели электропаяльника (рис.П1.4) – функция «Подключать напряжение». Поскольку эти функции отражают одно и то же свойство электропаяльника, выбираем более точную формулировку «Подводит напряжение».

Если *идеальные представления* об объекте были истинны, а функции материальных элементов рассматриваемой реализации объекта с точки зрения достижения целей его создания *описаны полно*, то функции ПФМ органично «впишутся» в ДФ, т.е. ДФ должна содержать **все** функции ПФМ.

В противном случае необходимо проанализировать различия и при необходимости *скорректировать ДФ*.

### ***Шаг 14. Классификация функций диаграммы функций объекта***

Функции скорректированной ДФ, совпадающие с функциями ПФМ, являются полезными. Остальные функции ДФ зависят от конкретного технического решения и следует оценить необходимость их присутствия в объекте, т.е. классифицировать с точки зрения достижения целей создания объекта на **полезные** и **бесполезные**, а бесполезные – на **нейтральные** и **вредные**.

Скорректированная диаграмма функций (рис.П1.6) кроме всех функций ПФМ (рис.П1.4) содержит ряд функций, обусловленных конкретным исполнением электропаяльника. Все эти функции классифицируем как полезные, кроме функции «Рассеивает тепло». Функция «Рассеивает тепло» является нежелательной (вредной), т.к. обуславливает нерациональное расходование подводимой к электропаяльнику электроэнергии.

### Шаг 15. Вторичная функциональная модель объекта

Скорректированную ДФ перестроить во *вторичную (отработанную) функциональную модель (ВФМ)*, по форме представления аналогичную ПФМ, но содержащую только *полезные* функции скорректированной ДФ.

Функции на ВФМ отвечают на вопрос: «*Что должен сделать?*».

Классифицировать полезные функции ВФМ на основные и вспомогательные и присвоить им индексы.

**Вторичная функциональная модель электропаяльника представлена на рис.П1.7**

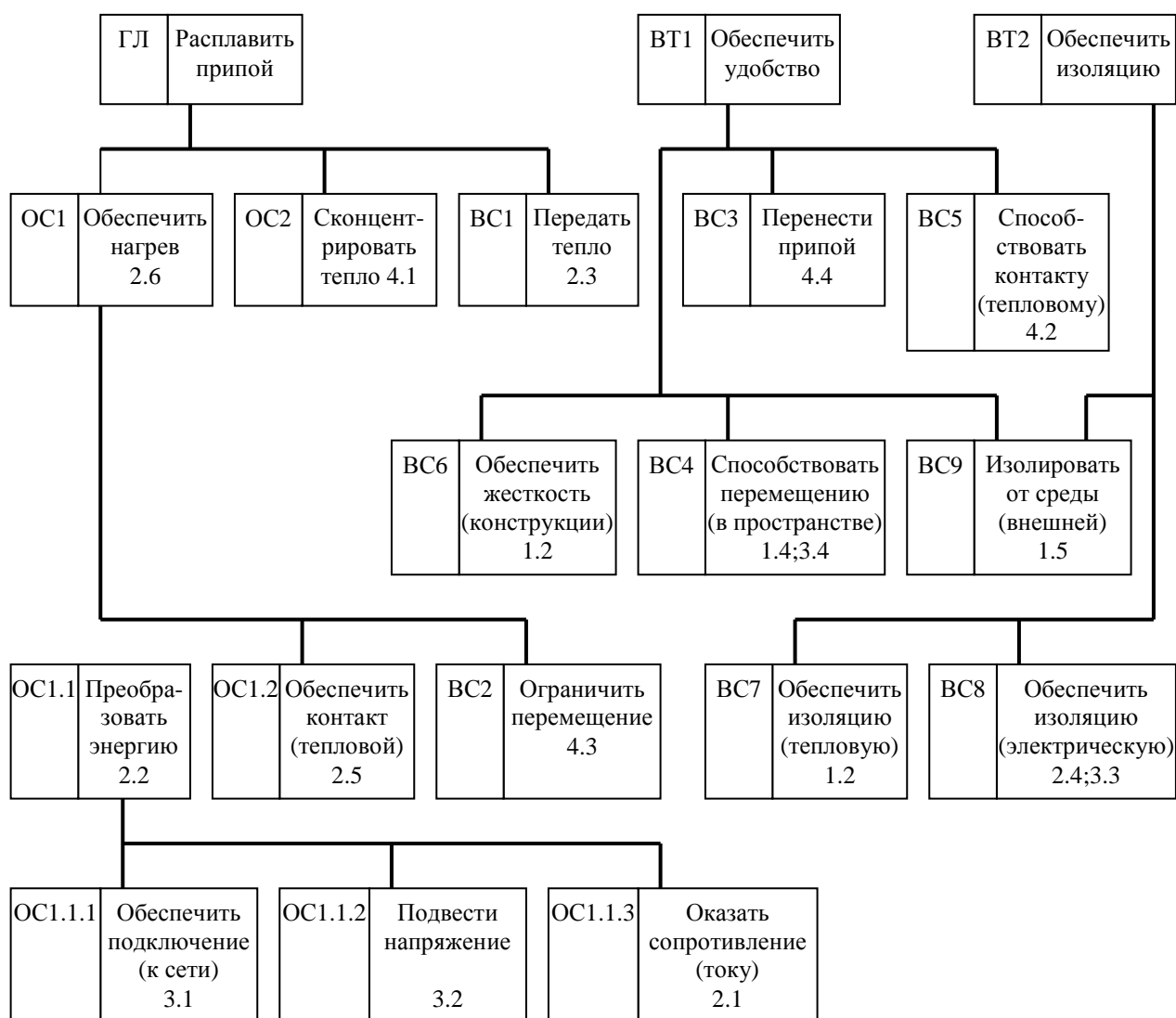


Рис. П1.7. Вторичная функциональная модель электропаяльника

### Шаг 16. Функционально-структурную модель объекта

Построить функционально-структурную модель (ФСМ) объекта путем совмещения ВФМ и СМ. Построение ФСМ упрощается, если воспользоваться первыми цифрами кодов функций.

**Функционально-структурная модель электропаяльника представлена на рис.П1.8**

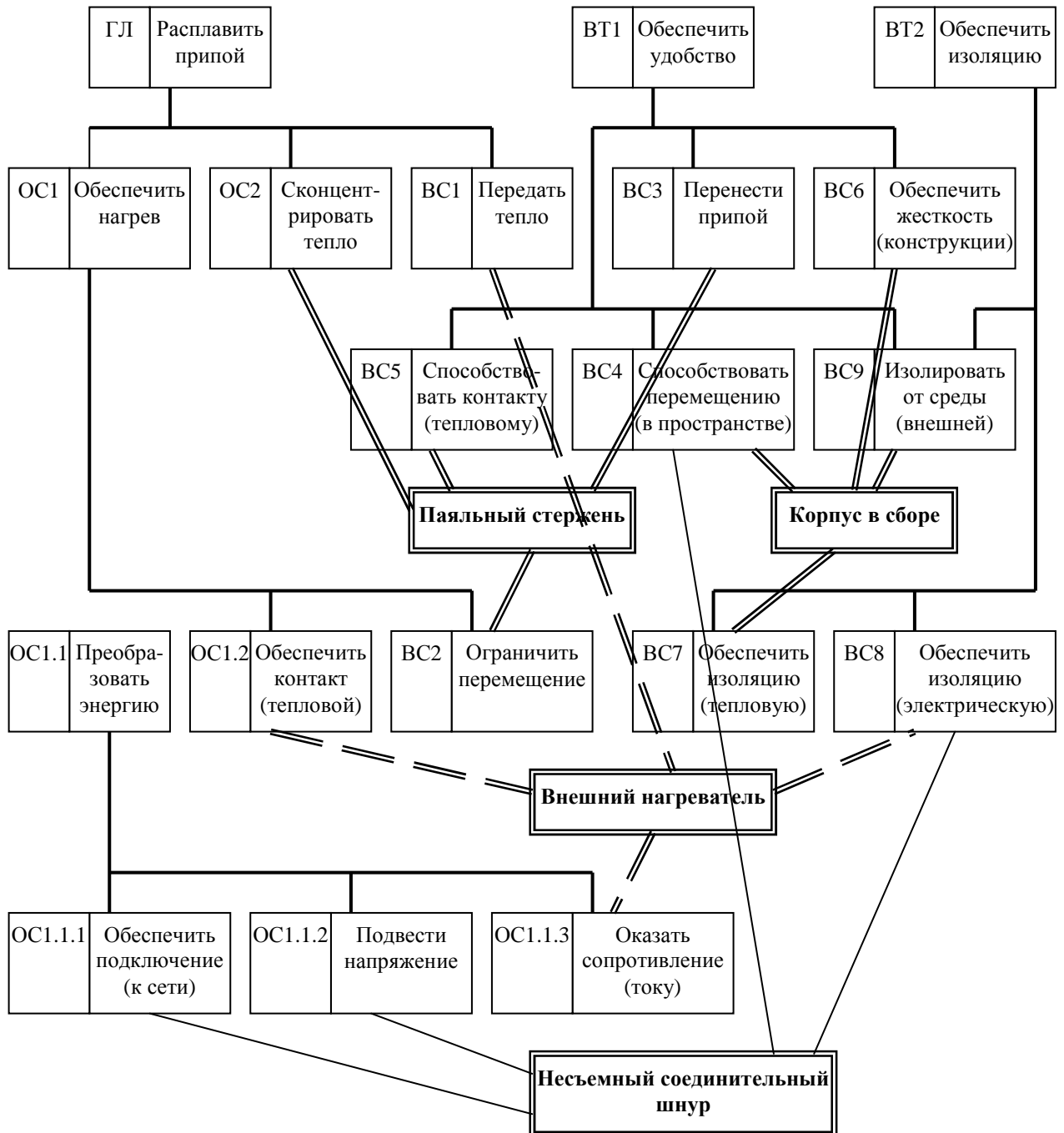


Рис. П1.8. Функционально-структурная модель электропаяльника

## Приложение 2. Прямые производственные затраты на изготовление электронного устройства

Расчет *прямых производственных затрат*, возникающих в процессе производства объекта, ведется по четырем статьям:

- сырье и материалы;
- покупные изделия;
- топливо и энергия технологические;
- основная заработная плата основных производственных рабочих.

Состав статей прямых производственных затрат на изготовление *электронного устройства* и методика их определения приведены ниже.

1. На статью «Сырье и материалы» относят затраты на припой, флюс (канифоль), стеклотекстолит фольгированный, спирт, лак и т.п.

Затраты на припой:

$$Z_{np} = P_{np} \cdot n \cdot Ц_{np}^{1g},$$

где

$P_{np}$  - удельный расход припоя на одну точку пайки

$$P_{np} = 0,7 \text{ г/точку пайки};$$

$n$  - количество точек пайки, *точек пайки/шт.*;

$Ц_{np}^{1g}$  - цена (без НДС) 1 грамма припоя, *грн./г.*

2. На статью «Покупные изделия» относят затраты на приобретение микросхем и навесных радиоэлементов, а также стоимость печатной платы, если печатная плата приобретается по кооперации.

3. На статью «Топливо и энергия технологические» относят затраты на все виды топлива и энергии, расходуемые для технологических целей, т.е. на те

виды топлива и энергии, которые активно воздействуют на обрабатываемый предмет труда.

«Технологические» – значит топливо и энергия, с помощью которых непосредственно выполняются технологические операции изготовления. Например, технологической является электроэнергия для дуговой и контактной сварки. В то же время, электроэнергия, расходуемая на разогрев и поддержание рабочей температуры жала электропаяльника, не является технологической и затраты на неё по статье «Топливо и энергия технологические» не отражаются.

Величина затрат по статьям 1, 2, 3 определяется по ценам приобретения (без НДС) с учетом транспортно-заготовительных расходов:

$$Z_m = (Z_{cm} + Z_{ni} + Z_{mэ}) \cdot \left( 1 + \frac{TЗР}{100} \right),$$

где

$Z_m$  - стоимость материальных затрат, грн./шт.;

$Z_{cm}$  - стоимость сырья и материалов, грн./шт.;

$Z_{ni}$  - стоимость покупных изделий, грн./шт.;

$Z_{mэ}$  - стоимость топлива и энергии технологических, грн./шт.;

$TЗР$  - процент транспортно-заготовительных расходов,  $TЗР = (7 - 9)\%$ .

4. На статью «Основная заработная плата основных производственных рабочих» относят расходы на оплату труда работников, непосредственно занятых изготовлением изделия.

При изготовлении электронных устройств зачастую предполагается, что установка элементов на печатную плату выполняется ручным способом, плотность монтажа – средняя, пайка – ручная. Монтаж осуществляет монтажник РЭА III разряда со сдельно-премиальной оплатой труда. Тогда основная заработная плата основных производственных рабочих при изготовлении одного изделия составит:

$$ЗП_{осн} = ТС_ч \cdot t_n \cdot \left( 1 + \frac{K_{прем}}{100} \right),$$

где

$ЗП_{осн}$  - основная заработная плата основных производственных рабочих, грн./шт.;

$ТС_ч$  - часовая тарифная ставка работника, грн./ч;

$t_n$  - полная норма времени на монтаж элементов, ч/шт.;

$K_{прем}$  - процент премиальных доплат,  $K_{прем} \approx 30\%$ .

При определении полной нормы времени на монтаж (установку и пайку) элементов могут быть использованы следующие соотношения:

$$t_n = t_{шт} + t_{n-з},$$

где

$t_{шт}$  - штучная норма времени, ч/шт.

$$t_{шт} = t_{он} + t_{об} + t_{ом};$$

$t_{он}$  - норма оперативного времени, ч/шт.;

$t_{об}, t_{ом}$  - норма времени соответственно на обслуживание рабочего места и на отдых и личные надобности, ч/шт.

$$t_{об} + t_{ом} \approx 9\% \cdot t_{он};$$

$t_{n-з}$  - норма подготовительно-заключительного времени, ч/шт.

$$t_{n-з} = (1 - 3)\% \cdot t_{шт}.$$

Тогда получим:

$$t_n = (1,10 \div 1,12) \cdot t_{он};$$

$$ЗП_{осн} = (1,43 \div 1,46) \cdot ТС_ч \cdot t_{он}.$$

Типовые нормы оперативного времени на установку и пайку элементов приведены в табл.П2.1.



**Таблица П2.1– Типовые нормы оперативного времени на установку и пайку элементов**

Наименование элемента	Единица изменения нормы оперативного времени	Норма оперативного времени
Конденсатор	мин./шт.	1,13
Резистор:		
- постоянный	мин./шт.	0,9
- переменный	мин./шт.	1,3
Диод	мин./шт.	1,09
Транзистор	мин./шт.	2,34
Микросхема	мин./вывод	0,3
Кварцевый резонатор	мин./шт.	1,1
Разъем	мин./вывод	0,5

Расчет прямых затрат на изготовление электронного устройства выполняют по выделенным на структурной модели объекта материальным носителям функций в форме табл.П2.2.

**Таблица П2.2– Расчет прямых затрат на изготовление электронного устройства**

№ НФ	Наименование и тип НФ	Цена (без НДС), грн./шт.	Количество, шт.	Стоимость, грн.	Число выводов (точек пайки), шт.	$\left( \begin{matrix} Z_{см} + \\ Z_{ни} + \\ Z_{тэ} \end{matrix} \right)$ , грн.		$t_{оп}$ , мин./шт.	$ZП_{осн}$ , грн.	Прямые затраты на НФ, грн.
						без ТЗР	с ТЗР			

Если кроме материальных затрат и основной заработной платы основных производственных рабочих учитывается также дополнительная заработная плата основных производственных рабочих и отчисления на социальные мероприятия по основным производственным рабочим, то в составе таких «прямых» производственных затрат расходы на оплату труда определяются по формуле:

$$P_{от} = Z_{осн} \cdot K_{доп} \cdot K_c,$$

где

$K_{доп}$  - коэффициент дополнительной заработной платы,  $K_{доп} \approx 1,2-1,3$ ;

$K_c$  - коэффициент отчислений на социальные мероприятия,  $K_c = 1,368$ .

### Приложение 3. Технологичность конструкции изделия

В процессе конструкторской подготовки производства конструкция изделий отрабатывается *на технологичность*. **Отработка конструкции изделия на технологичность** направлена на повышение производительности труда, снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление технологической оснастки и ремонт изделий при обеспечении их необходимого качества.

**Технологичность конструкции изделия** – это степень соответствия конструкции изделия оптимальным производственно-техническим условиям его изготовления при заданном масштабе производства.

Конструкция изделия технологична, если она в сравнении с менее технологичной состоит из меньшего количества оригинальных деталей, содержит больше простых деталей и узлов, требует меньшей точности при обработке деталей и сборке узлов.

**Обобщающие показатели технологичности** конструкции:

- 1) материалоемкость;
- 2) трудоемкость изготовления;
- 3) технологическая себестоимость (производственная себестоимость обычно не берется).

Обобщающие показатели технологичности могут быть рассчитаны как:

- абсолютные (на одно изделие);
- удельные (на единицу главного параметра изделия).

Удельная технологическая себестоимость на единицу главного параметра:

$$q_{mex} = \frac{S_{mex}}{B},$$

где

$S_{mex}$  - технологическая себестоимость изделия, грн./шт.;

$B$  - главный параметр изделия, ед. измерения главного параметра.

Удельное энергопотребление на единицу главного параметра:

$$q_e = \frac{E}{B},$$

где

$E$  - энергопотребление изделия (для электроизделий –  $кВт \cdot ч/шт.$ , для газового оборудования –  $м^3/шт.$  и т.д.).

Если изделие не является многофункциональным, то основной показатель технологичности – *удельная технологическая себестоимость на единицу главного параметра*.

**Дополнительные показатели технологичности** конструкции:

а) коэффициент стандартизации

$$K_{ст} = \frac{n_{ст}}{n_{об}};$$

б) коэффициент унификации

$$K_{ун} = \frac{n_{ун}}{n_{об}};$$

в) коэффициент применяемости

$$K_{пр} = \frac{n_{ст} + n_{заим} + n_{ун}}{n_{об}},$$

где

$n_{ст}$  - количество стандартных деталей и узлов в конструкции, шт.;

$n_{ун}$  - количество унифицированных деталей и узлов в конструкции, шт.;

$n_{заим}$  - количество заимствованных деталей и узлов в конструкции, шт.;

$n_{об}$  - общее количество деталей и узлов в конструкции, шт.

$$n_{об} = n_{ст} + n_{ун} + n_{заим} + n_{ор};$$

$n_{ор}$  - количество оригинальных деталей и узлов в конструкции, шт.

Обычно показатели технологичности конструкции выбираются по согласованию между проектировщиком и изготовителем изделия.

## Приложение 4. Стоимостная оценка затрат на осуществление функций управления

Для объектов ФСА из области экономики и управления производством стоимостная оценка затрат на осуществление функций выполняется по статьям расходов. Как правило, рассматриваются *годовые текущие расходы*.

Годовые текущие расходы на осуществление *функций управления* включают следующие статьи:

$$Z_y = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9 + Z_{10} + Z_{11},$$

где

- $Z_1$  - основная и дополнительная заработная плата управленческих кадров;
- $Z_2$  - отчисления на социальные мероприятия (начисления на заработную плату);
- $Z_3$  - расходы на содержание и эксплуатацию средств вычислительной техники и оргтехники (амортизация и ремонт комплекса технических средств и оргтехники, амортизация программных средств, стоимость расходных материалов и электроэнергии, расходы на обслуживание и техническую поддержку комплекса технических средств и оргтехники, расходы на сопровождение программных средств);
- $Z_4$  - почтовые и телефонные расходы, расходы на электронную почту и Интернет;
- $Z_5$  - командировочные расходы;
- $Z_6$  - расходы на служебные разъезды;
- $Z_7$  - расходы на содержание транспорта;
- $Z_8$  - канцелярские и типографские расходы;
- $Z_9$  - расходы на содержание и эксплуатацию зданий, помещений и инвентаря;

$Z_{10}$  - расходы на подготовку, переподготовку и повышение квалификации управленческих кадров;

$Z_{11}$  - прочие управленческие расходы, не вошедшие в перечисленные выше статьи расходов (стоимость услуг сторонних организаций, затраты на приобретение спецодежды и др.).

В связи с тем, что во многих случаях фонд оплаты труда управленческих кадров с учетом отчислений на социальные мероприятия и стоимости применения технических средств управления ( $Z_1 + Z_2 + Z_3$ ) составляет значительную долю всех расходов на управление (для заводоуправления может достигать до 90-95% всех расходов на управление [5]), для упрощения расчетов затрат на осуществление функций управления остальные статьи расходов могут не учитываться. Это обстоятельство не окажет существенного влияния на результаты анализа.

Фонд оплаты труда управленческих кадров на осуществление функции управления в течение года с учетом отчислений на социальные мероприятия:

$$Z_1 + Z_2 = 12 \cdot \frac{\sum (ZП_{m_i} \cdot T_{p_i})}{ФРВ_2} \cdot K_{дон} \cdot K_c,$$

где

$12$  - количество календарных месяцев в году, месяцев;

$ZП_{m_i}$  - должностной оклад  $i$ -того работника, занятого выполнением функции (например, участвующего в обработке документов, поступающих в подразделение по функции, участвующего в составлении документов по функции и др.), грн./месяц;

$T_{p_i}$  - годовые затраты труда  $i$ -того работника на выполнение функции, ч/год;

$ФРВ_2$  - расчетный годовой номинальный фонд времени в часах (годовой фонд рабочего времени), ч/год. Определяется исходя из принятого в подразделении режима труда и отдыха, а также продолжительности

рабочей смены в обычные и сокращенные (по трудовому законодательству) дни;

$K_{don}$  - коэффициент дополнительной заработной платы;

$K_c$  - коэффициент отчислений на социальные мероприятия.

Годовые затраты труда  $i$ -того работника на выполнение функции определяются количеством рабочего времени, затрачиваемого работником на выполнение функции, и могут быть оценены по одной из следующих формул:

- при регулярном (ежедневном, еженедельном, ежемесячном, ежеквартальном) выполнении функции

$$T_{p_i} = t_i \cdot D_{p_i};$$

- с учетом количества и периодичности обработки (составления) документов по функции на протяжении года

$$T_{p_i} = \sum_{j=1}^n (t_j \cdot N_j),$$

где

$t_i$  - время, в течение которого  $i$ -тый работник занят выполнением функции на протяжении рабочего дня (рабочей смены), ч/день;

$D_{p_i}$  - количество рабочих дней в году, в течение которых  $i$ -тый работник занят выполнением функции, дней/год;

$t_j$  - время обработки (составления) документа  $j$ -того вида по функции, ч/шт.;

$N_j$  - количество обрабатываемых (составляемых) в течение года документов  $j$ -того вида, шт./год. Определяется исходя из периодичности обработки (составление) документа по функции на протяжении года (ежедневно, ежемесячно, 1 раз в год, по мере необходимости и др.);

$n$  - число видов обрабатываемых (составляемых) документов по функции, шт.

При укрупненном расчете расходов на содержание и эксплуатацию средств вычислительной техники и оргтехники, используемых при выполнении функции, можно ограничиться учетом амортизации комплекса технических средств и оргтехники и учетом амортизации программных средств, применив *линейный метод* амортизации, согласно которому каждый отдельный вид материального и нематериального актива амортизируется равными частями в течение срока полезного его использования.

Как правило, технические средства управления имеют многоцелевое назначение и не предназначены для обеспечения выполнения только одной функции. Поэтому при расчете амортизации следует учесть не все, а часть затрат на средства вычислительной техники, оргтехнику и программные средства, пропорциональную времени их использования для выполнения функции:

$$K_c = \delta \cdot (K_{ктс} + K_{от} + K_{пп}),$$

где

$K_c$  - восстановительная стоимость активов, связанных с выполнением функции, грн.;

$\delta$  - доля времени использования технических средств управления на выполнение функции;

$K_{ктс}$  - восстановительная стоимость комплекса технических средств, грн.;

$K_{от}$  - восстановительная стоимость оргтехники, грн.;

$K_{пп}$  - восстановительная стоимость программных продуктов (стоимость лицензий на системное, сервисное, антивирусное и прикладное программное обеспечение), грн.

Доля времени использования технических средств управления на выполнение функции рассчитывается по одной из следующих формул:

$$\delta = \frac{T_{p1} \cdot N_2}{T_{пл}} \text{ или } \delta = \frac{T_{пп}^{сум}}{T_{пл}^{сум}},$$

где

$T_{pl}$  - время использования актива для выполнения единицы объема работ по функции, ч/ед.;

$N_2$  - годовой объем работ по функции, ед./год;

$T_{пл}$  - полезное время работы технических средств управления в течение года (плановый годовой фонд машинного времени), ч/год;

$T_{пл}^{сум}$  - время использования технических средств управления на выполнение функции на протяжении суток, ч/сутки;

$T_{пл}^{сум}$  - плановое время работы технических средств управления в течение суток с учетом режима работы подразделения, ч/сутки.

При использовании первой формулы для расчета доли времени использования технических средств управления на выполнение функции необходимо предварительно установить *единицу измерения работ*, выполняемых с помощью технических средств управления. Например, при использовании технических средств управления для обработки (составления) документов в качестве  $N_2$  может рассматриваться количество документов, обрабатываемых (составляемых) в течение года. Это могут быть договора, распоряжения, накладные, планы, отчеты, картотеки, обзоры, документация и т.д.

Вторая формула для расчета доли затрат времени использования технических средств управления на выполнение функции применяется, если технические средства управления используются на протяжении некоторого времени в течение суток, что имеет место при регулярном (ежедневном) выполнении функции. Примеры ежедневно выполняемых функций управления – контролировать выполнение договорных обязательств по поставкам продукции; осуществлять контроль за хранением и подготовкой продукции к отправке; оформлять документацию, связанную с отгрузкой продукции.



## Глоссарий

**Важность функции** – роль функции  $i$ -того уровня *относительно объекта анализа в целом*.

**Вторичная функциональная модель объекта (ВФМ)** – функциональная модель, отражающая то, как должен функционировать объект.

**Диаграмма функций (диаграмма FAST)** – результат применения методики систематизированного анализа функций (*методики FAST*). Диаграмма функций дает представление о том, как в рамках конкретной или предполагаемой реализации функционирует объект.

**Жизненный цикл объекта** – совокупность стадий развития объекта во времени: проектирование (разработка), производство (изготовление), эксплуатация (применение) и утилизация (ликвидация) объекта.

**Значимость функции** – роль функции  $i$ -того уровня *относительно ближайшей вышестоящей функции*.

**Значимость (важность) функций** – количественная оценка связей функциональной модели. Значимость (важность) функции подразумевает влияние этой функции на назначение и характеристики объекта, *роль функции*. Различают абсолютную и относительную значимость (важность) функции. *Абсолютная* значимость (важность) функции оценивается в экспертных баллах. *Относительная* значимость (важность) функции рассчитывается на основе абсолютных значимостей (важностей) или оценивается непосредственно и по величине не может превышать единицы.

**Излишние затраты** – разность между фактическими затратами и функционально необходимыми затратами.

**Коэффициент конкордации (согласованности)** – мера согласованности мнений экспертов. Может принимать значения от 0 (при отсутствии согласованности) до 1 (при наличии единодушия).

**Классификация функций** – группировка функций по определенным признакам.

**Критерий значимости (важности) функции** – вклад функции в обеспечение требований к объекту (его параметров), т.е. в достижение целевого назначения объекта.

**Методика FAST** – методика систематизированного анализа функций, позволяющая выявлять и формулировать внутриобъектные функции, проверять правильность принятых формулировок, устанавливать взаимосвязи между функциями.

**Носители функций** – структурные элементы объекта, участвующие в реализации функций, т.е. в выполнении определенных действий или проявлении свойств.

**Объект ФСА** – любой материальный и нематериальный объект, рассматриваемый как система.

**Отработанная функциональная модель** – функциональная модель, содержащая только полезные функции. Представляет собой идеальную структуру анализируемого объекта без привязки к каким-либо носителям функций.

**Параметр использования объекта** – количественная характеристика потребительского свойства объекта.

**Первичная функциональная модель объекта (ПФМ)** – функциональная модель, отражающая идеальные представления об объекте, т.е. как в идеале видится функционирование объекта.

**Потребительная стоимость объекта** – способность объекта удовлетворять определенные потребности. Определяется совокупностью полезных свойств объекта, на которые обращается внимание потребителя в рассматриваемых условиях.

**Потребительское свойство объекта** – составляющая потребительной стоимости объекта, сторона его полезности.

**Потребность** – нужда, желание, формализованные в конкретной форме, формирующие необходимость получения удовлетворения и проявляющиеся как побудительный мотив поведения потребителей.

**Принципы ФСА** – основные положения, концептуальные установки, на которых базируются процедуры функционально-стоимостного анализа.

**Рабочий план ФСА** – запись последовательного выполнения этапов и процедур намеченного функционально-стоимостного анализа.

**Рекомендация ФСА** – техническое, технологическое, экономическое, организационное или управленческое решение по совершенствованию рассматриваемого объекта, принятое к внедрению на основе оценки альтернативных вариантов реализации функций.

**Системный подход** – один из основных принципов ФСА, означающий рассмотрение объекта и как элемента системы более высокого порядка (уровня), что дает возможность рассмотреть взаимоотношения анализируемого

объекта с внешней средой, и как системы, состоящей из взаимосвязанных элементов.

**Структурная модель объекта (СМ)** – графическое представление состава и входимости элементов (материальных и иных носителей функций) объекта друг в друга в виде строго иерархической структуры. Структурная модель дает представление о составе элементов объекта (*носителей функций*) по уровням иерархии и их взаимосвязях.

**Стоимость в ФСА** – затраты ресурсов на создание, функционирование и ликвидацию объекта, носителя функции.

**Стоимостная оценка функций** – определение затрат на реализацию каждой функции объекта.

**Функциональный анализ** – один из этапов ФСА, на котором выполняется определение, классификация, стоимостная оценка функций анализируемого объекта, а также выбор функций для оптимизации.

**Функциональная модель объекта (ФМ)** – логико-графическое изображение состава и взаимосвязей функций объекта, получаемое путем их формулировки и установления порядка подчинения.

**Функционально необходимые затраты (ФНЗ)** – минимально возможные затраты на реализацию требуемых функций. Это тот минимальный уровень затрат, который может быть достигнут при использовании наиболее прогрессивных решений, а также при обеспечении наивысшего уровня производительности труда, эффективного использования ресурсов. Определение ФНЗ и решений, обеспечивающих их достижение, является *главной целью* проведения ФСА.

**Функциональный подход** – один из основных принципов ФСА, предполагающий анализ объекта вначале с позиции его назначения, полезности, а затем – природы происхождения.

**Функционально-стоимостный анализ (ФСА)** – метод системного исследования объекта, направленный на обеспечение наилучшего соотношения между потребительскими свойствами объекта и затратами на их проявление на всех стадиях жизненного цикла объекта.

**Функционально-структурная модель объекта (ФСМ)** – совмещение функциональной и структурной моделей объекта путем представления их взаимосвязи. Показывает взаимосвязь функций и носителей этих функций в объекте.

**Функция** – сущностная, качественная сторона потребительского свойства объекта, проявление свойства объекта в рассматриваемых условиях.

**Целевое назначение объекта** – определение того, что *действительно* нужно потребителю от объекта при его эксплуатации в рассматриваемой сфере применения.

**Целевое назначение носителя функции** – действительная роль носителя функции в реализации целей создания объекта, отражающая *все* свойства данного носителя функции, связанные с целями создания объекта.

**Этап проведения ФСА** – часть работы по функционально-стоимостному анализу, ограниченная решением определенной группы задач.

# Список литературы

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Скрипкин О.Г. Функционально-стоимостный анализ при проектировании изделий. – К.: Техніка, 1990. – 160 с.
2. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества: Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
3. Функционально-стоимостный анализ в электротехнической промышленности / В.С. Василенок, В.А. Глезер, Е.А. Грамп и др.; Под ред. М.Г. Карпунина – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 288 с.
4. Бриль А.Р. Функционально-стоимостный анализ в экономических расчетах. – Л.: Издательство Ленинградского университета, 1989. – 152 с.
5. Кибанов А.Я. Управление машиностроительным предприятием на основе функционально-стоимостного анализа. – М., Машиностроение, 1991. – 155 с.
6. Гриньова В.М. Функціонально-вартісний аналіз в інноваційній діяльності підприємств. – Харків, Інжек, 2004. – 124 с.
7. Гордашникова О.Ю. Функционально-стоимостный анализ качества продукции и управления маркетингом на предприятии. – М., Альфа-Пресс, 2006. – 88 с.
8. Панков В.А., Ковалевский С.В., Бывшев А.П. Функционально-стоимостный анализ технических и организационно-экономических систем (ФСА/ФСУ). Учебное пособие – Донецк: Новый мир, 2005. – 257 с.
9. Куприянов А.А. Функционально-стоимостный анализ в проектировании и производстве новой техники: Учеб. пособие / Украинский гос. морской технический ун-т им. адмирала Макарова. – Николаев: УГМТУ, 2000. – 80с.
10. Кузьмин А.М., Барышников А.А., Кузьмина Е.А. Функциональный анализ: выявление, определение и классификация функций // Машиностроитель. – 2001. – № 9. – С. 33-39.
11. Моисеева Н.К. Функционально-стоимостной анализ в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1987. – 318 с.

12. Сборник задач и деловых игр по организации и управлению предприятиями электронной промышленности / Под ред. Н.К. Моисеевой. – М.: Высш. шк., 1985. – 208 с.
13. Что такое функционально-стоимостной анализ процессов и систем [Электронный ресурс] // Информационный ресурс Новокузнецка: [сайт]. – 15.02.2003. <<http://www.i2n.ru/article/click.php?id=48>>
14. Алифанов А.Л., Алифанов Л.А. Маркетинг: решение исследовательских задач [Электронный ресурс]. – 07.06.2005 . Адрес документа: [http://marketing.spb.ru/lib-around/stat/marketing\\_research\\_3.htm](http://marketing.spb.ru/lib-around/stat/marketing_research_3.htm)
15. Методики принятия решения [Электронный ресурс]. Адрес документа: [http://www.spruce.ru/sanatori/standard/technology/technology\\_4.html](http://www.spruce.ru/sanatori/standard/technology/technology_4.html)

#### **ДОПОЛНИТЕЛЬНА ЛИТЕРАТУРА**

16. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. – М.: Советское радио, 1979. – 184 с.
17. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
18. Грамп Е.А., Сорокина Л.М. Опыт использования функционально-стоимостного анализа в промышленности США. – М.: Информэлектро, 1978. – 40 с.
19. Велленройтер Х. Функционально-стоимостный анализ в рационализации производства. – М.: Экономика, 1984. – 112 с.
20. Влчек Р. Функционально-стоимостный анализ в управлении: Сокр. пер. с чеш. – М.: Экономика, 1986. – 176 с.
21. Соболев Ю.М. Конструктор выбирает решение. – Пермь, Кн. изд-во, 1979. – 110 с.
22. Сосновский Я.Ш., Ткаченко П.Г. Функционально-стоимостный анализ. – К.: Техніка, 1986. – 143 с.
23. Эберт Х., Томас К. Анализ затрат на основе потребительной стоимости. Пер. с нем. – М.: Экономика, 1975. – 190 с.

# Предметный указатель

## Анализ

- функционально-стоимостный, 7, 127
  - – принципы, 11, 125
  - – рабочий план, 125
  - – рекомендация, 125
  - – цель, 7, 27, 63
  - – этапы проведения, 17, 127
- функциональный, 19, 38, 126
  - – этапы, 37

## Антифункция, 26

## Вариационный ряд, 54

## Диаграмма

- FAST, 123
- Парето, 70
- функций, 38, 123
  - – скорректированная, 43
- функционально-надёжная, 72
- функционально-стоимостная, 71

## Жизненный цикл объекта, 123

## Затраты

- абсолютные, 68
- излишние, 9, 63, 123
  - – причины, 9
- ликвидационные, 61
- на создание функций объекта, 37
- на составные части объекта, 37
- относительные, 71
- проектные, 61
- производственные, 61
  - – прямые, 62, 112
- фактические, 63, 123
- функционально необходимые, 63, 126
- эксплуатационные, 61

## Значимость (важность) функции, 123

- абсолютная, 45, 123
- критерий, 44
- относительная, 45, 123
- оценка, 45
- численные методы оценки, 45

## Зона

- затратноёмких элементов, 70
- рассогласования, 72

## Избыточность

- параметрическая, 15
- функциональная, 15

## Карточка идей, 76

## Классификация функций, 22, 27, 124

## Количественная

- оценка функции, 21
- составляющая функции, 21

## Коэффициент конкордации, 55, 124

## Критерий

- оптимальности решения, 83, 86
- оптимизации параметров, 9
- оптимизации стоимостной, 69

## Куст, 46

## Логическое описание функций, 22

## Матрица смежности, 46

## Метод

- контрольных вопросов, 76
- мозговой атаки, 76
  - – правила, 78
  - – фазы, 78
- обеспечения согласованности мнений экспертов, 75
- обработки экспертных оценок, 75
- оценки вариантов по среднему баллу, 84
- оценки согласованности мнений экспертов, 75
- попарного сравнения, 50
- расстановки приоритетов, 46
- рентабельности, 15
- целевых издержек, 16
- чистой текущей стоимости, 15
- экспертных оценок, 79, 80, 81

## Методика FAST, 33, 124

## Модель объекта

- информационная вход-выход, 25
- структурная, 30, 126
- функциональная, 28, 126
  - – вторичная, 38, 43, 123



- – отработанная, 28, 124
- – первичная, 37, 125
- функционально-структурная, 31, 127
  - – в графическом виде, 31
  - – в матричной форме, 31, 32
- Носитель функции, 30, 35, 37, 107, 124
  - материальный, 31, 62
- Объект
  - внутренний, 69
  - для внутреннего ФСА, 69
  - ФСА, 10, 124
- Оптимизация функциональная, 27
- Параметр использования
  - объекта, 124
  - функции, 21
- Подход
  - методологический, 28
  - предметный, 11
  - системный, 13
  - функциональный, 11, 19, 127
- Потребительная стоимость объекта, 19, 125
- Потребность, 125
- Принципиальная схема объекта, 40, 99
- Свойства объекта
  - дополнительные, 23
  - полезные, 19
  - потребительские, 19, 125
  - прочие, 19
- Способы распределения затрат, 64
- Стоимостная оценка функции, 13, 61, 126
- Стоимость, 126
- Технологичность конструкции, 15, 116
  - показатели, 116
- Форма проявления функций, 11
- Формула функции, 20
- Функциональные
  - входы объекта, 41, 102
  - выходы объекта, 41, 102
- Функция, 19, 127
  - бесполезная (ненужная), 26
  - более высокого уровня, 34, 65, 68
  - более низкого уровня, 35
  - внешняя, 22
  - внутренняя, 23
  - внутриобъектная, 33
  - вредная, 26
  - вспомогательная, 24, 25
  - второстепенная, 23
  - главная, 23
  - конъюнктурная, 23, 40, 100
  - критического пути, 35
  - нейтральная, 26
  - обогащающая, 23, 40, 100
  - основная, 24, 25
  - осуществляемая постоянно, 36, 107
  - полезная, 26, 28
  - технологического процесса, 22
  - управления, 63, 118
- Целевое назначение
  - носителя функции, 33, 42, 106
  - объекта, 40, 100
- Экономическая эффективность ФСА
  - источники, 15
  - оценка, 15
- Эксперт, 53, 75
- Элементы объекта
  - бесполезные, 31
  - излишние, 31
  - составные части, 30